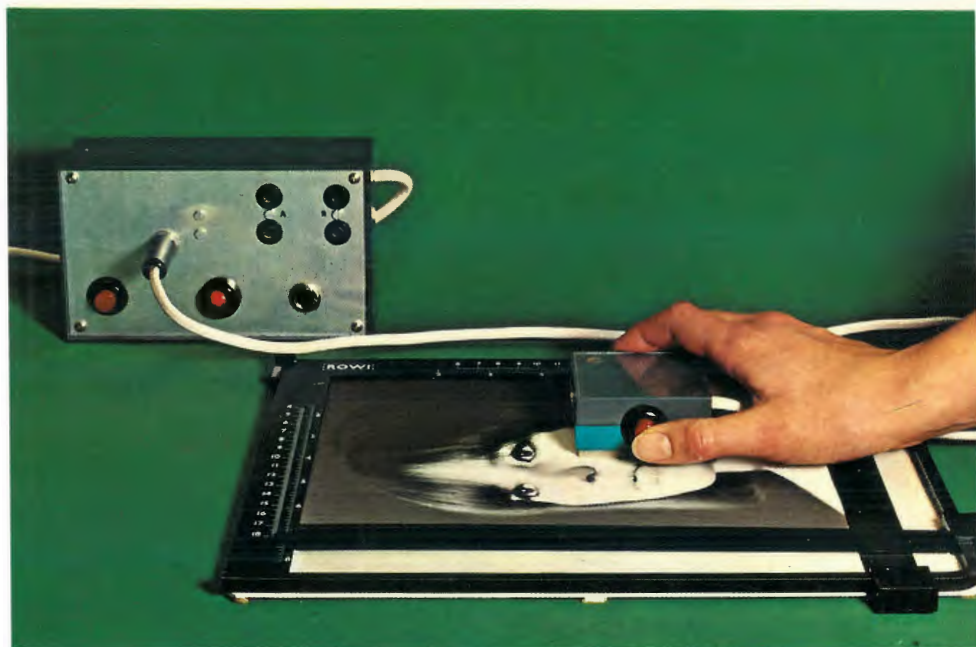
biblioteca
tascabile
elettronica

1

hanns-peter siebert

l'elettronica e la fotografia

franco muzzio & c. editore

strumenti elettronici per la fotografia e la camera oscura

biblioteca tascabile elettronica

coordinata da Mauro Boscarol

1

franco muzzio & c. editore

Hanns-Peter Siebert

l'elettronica e la fotografia

Strumenti elettronici per la fotografia e la camera oscura

Con 26 disegni nel testo
e 6 foto su 4 tavole

franco muzzio & c. editore

L'Elettronica e la fotografia

Introduzione

L'elettronica è una tecnica relativamente giovane e tuttavia essa influenza, oggi, quasi tutti i settori della nostra vita, non solo perché ci aiuta a crearci un'esistenza meno faticosa e più gradevole, ma anche perché rende possibile la soluzione di problemi che, altrimenti, non sarebbero superabili, o lo sarebbero con un dispendio economico difficolmente sostenibile.
Tale molteplicità di applicazioni ha portato però alla conseguenza che ora molti considerano l'elettronica una specie di « Libro dai sette sigilli », una scienza misteriosa, tanto complicata da non potersene occupare se non dopo uno studio di molti anni. Chi non l'abbia scelta come vocazione principale o almeno non dedichi tutto il suo tempo libero a questa tecnica come elettronico dilettante, potrebbe difficilmente considerare un lavoro piacevole la realizzazione di uno di questi « imperscrutabili » apparecchi.
Che questa opinione non sia esatta, lo testimonia il grande numero di elettronici dilettanti sparsi in tutto il mondo. Molti di loro, non attribuiscono alcuna importanza al fatto di sviluppare essi stessi un progetto di circuito dall'inizio alla fine, bensì si fidano molto di una guida esperta, elaborata in modo che ogni apparecchio realizzato secondo le sue indicazioni riesca facilmente, a meno che non si siano collegati in modo sbagliato i singoli componenti.
Il presente volumetto contiene una serie di apparecchi elettronici, che possono essere utili sia nella ripresa fotografica, sia nel lavoro in camera oscura. La descrizione e la spiegazione dei singoli circuiti sono adatte alle conoscenze di un fotoamatore che fino ad oggi non abbia avuto alcun contatto diretto con l'elettronica. Non si presuppongono dunque conoscenze specialistiche, non si richiedono attrezzature particolari. In questo modo la costruzione degli apparecchi dovrebbe riuscir bene a chiunque possieda un minimo di abilità manuale.

1. Semplice esposimetro lineare a lettura diretta

1.1 Funzionamento

Esiste una gamma completa di componenti semiconduttori che, colpiti dalla luce, emettono segnali elettrici. Sono noti ad es. i fotoresistori, che, con l'illuminazione, cambiano la loro resistenza elettrica; fotodiodi e fototransistori, che, invece, producono una corrente elettrica. L'aspetto svantaggioso di questi « sensori fotoelettrici » è che per il loro funzionamento è necessaria una fonte di tensione ausiliaria, cioè almeno una batteria.

Con il circuito il cui schema è rappresentato in fig. 1.1, al contrario, non c'è bisogno di batteria. Anch'esso lavora in effetti con un fotodiodo, ma il tipo scelto è così sensibile, che si può utilizzare anche come « fotoelemento ». Esso converte, cioè, direttamente in corrente elettrica gran parte dell'energia ricevuta sotto forma di luce, così che si può alimentare con esso, senza ulteriore amplificazione, uno strumento indicatore.

Tali « fotoelementi » (i cui esemplari di grandi dimensioni, detti « cellule solari », servono, collegati insieme nelle cosiddette « batterie solari », all'approvvigionamento di corrente dei veicoli spaziali), producono una corrente di cortocircuito proporzionale alla luce ricevuta; la fig. 1.2 illustra questa proporzione. La tensione a vuoto, cioè la tensione sulla cellula, se non le viene sottratta della

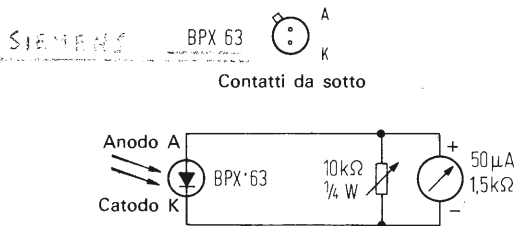



Fig. 1.1. Schema del circuito dell'esposimetro lineare a lettura diretta. Il fotodiodo funziona come fotoelemento e produce una corrente proporzionale alla sua illuminazione, che viene rilevata con lo strumento. Il reostato serve come regolatore di sensibilità.

Elenco dei componenti per il circuito in fig. 1.1:

1 fotodiodo BPX 63 (Siemens)
1 strumento di misura da 50 μA, resistenza interna di circa 1500 Ω o meno
1 reostato da 10 k Ω, 1/4 W
1 involucro adatto
1 manopola per reostato

Elenco dei componenti per il circuito in fig. 1.4:

1 fotodiodo BPX 63 (Siemens)
1 strumento di misura da 50 μA, resistenza interna di circa 1500 Ω o meno
1 reostato da 1 k Ω, 1/4 W
1 pulsante con contatti « normalmente chiusi »
1 involucro adatto

corrente, non sta, come mostra la fig. 1.3, in un rapporto lineare con l'intensità di illuminazione; essa si avvicina, con l'aumento dell'intensità della luce, ad un valore di saturazione dell'ordine di grandezza di 0,5 V. Nel circuito disegnato in fig. 1.1 la resistenza interna dello strumento da 50 μA, 1500Ω circa, è notevolmente più piccola di quella del fotoelemento. Praticamente viene perciò misurata la corrente di cortocircuito e l'indicazione dello strumento risulta lineare al variare dell'intensità della luce.

Il piccolissimo fotodiodo BPX 63 Siemens con il suo involucro di soli 4,3

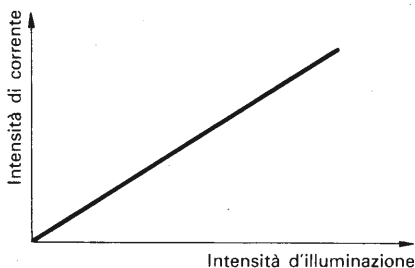



Fig. 1.2. In un fotoelemento la corrente di cortocircuito è proporzionale all'illuminazione che lo colpisce.

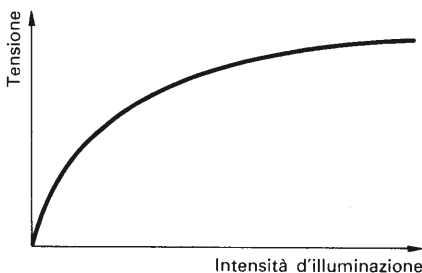



Fig. 1.3. La tensione a vuoto di un fotoelemento non è proporzionale all'illuminazione; essa si avvicina, aumentando l'illuminazione, ad un valore limite di circa 0,5 V.

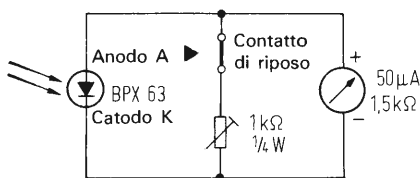



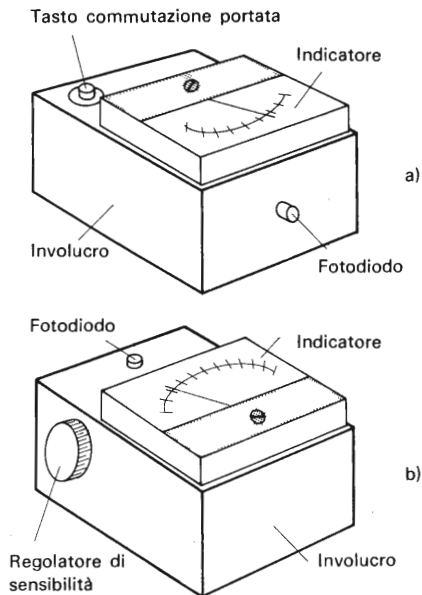
Fig. 1.4. Circuito modificato dell'esposimetro lineare. Il pulsante permette l'inserimento, a scelta, di due diverse sensibilità.

mm di diametro, produce, con una forte illuminazione (piena luce solare, forte irradiazione con lampada), una corrente notevolmente maggiore di 50 μA. Viene quindi inserita in parallelo allo strumento, una resistenza di shunt che assorbe una parte della corrente generata. Regolando il valore di questa resistenza si può quindi variare la sensibilità dell'indicatore nel modo desiderato. Chi vuole può costruirsi, secondo lo schema della fig. 1.4, anche un esposimetro lineare a due gamme. Il pulsante di commutazione è « normalmente chiuso », in modo che quando non è azionato, la resistenza di shunt è collegata e lo strumento è dunque nella posizione meno sensibile: ciò permette di evitare il sovraccarico, in condizioni di illuminazione troppo forte. Se l'ampiezza è troppo piccola per una misurazione, si aziona il pulsante, il collegamento di derivazione viene interrotto e lo strumento lavora con la massima sensibilità. Con questo metodo di costruzione non si userà un reostato con manopola, ma lo si regolerà stabilmente sulla sensibilità desiderata – ad esempio su 1/3 o 1/10 della sensibilità massima – e lo si collocherà poi così sul telaio, in modo che non possa essere spostato accidentalmente.

1.2 Costruzione

La costruzione meccanica dell'esposimetro lineare è senza difficoltà. Va bene qualunque involucro di plastica o di metallo, purché sia sufficientemente grande; le dimensioni dipendono in primo luogo dallo strumento di misura usato. Il fotodiodo BPX 63 viene fissato al telaio in un apposito foro e assicurato, all'occor-

Fig. 1.5. Esempi di realizzazione dell'esposimetro lineare a lettura diretta: a, per usi generali, b per il lavoro all'ingranditore.

renza, con una goccia di attaccatutto. Per il collegamento si userà conduttore flessibile ed isolato. Chi non vuole fare saldature al fotodiodo, può servirsi anche di uno zoccolo per transistori TO-18. Si saldano i conduttori ai due terminali di questo che stanno uno di fronte all'altro, e si inserisce, con cautela, il fotodiodo negli appositi fori dello zoccolo. Le figure 1.5 a e 1.5 b mostrano due modelli di costruzione, di cui quello della figura 1.5 a è più indicato per misurazioni relative a oggetti da fotografare, quello della figura 1.5 b per lavori con l'ingranditore.

1.3 Istruzioni per l'uso

Il piccolo esposimetro lineare è utile per molti scopi. Con esso è possibile ad es. misurare le condizioni di illuminazione all'aperto, nei luoghi chiusi e nei luoghi di lavoro, dove la misurazione lineare è spesso più significativa della misurazione fortemente deformata di un normale esposimetro.
Occorre infatti osservare che la sensibilità spettrale di un fotoelemento al silicio quale il BPX 63 si allontana notevolmente da quella dell'occhio umano. Chi volesse avere una idea più precisa di ciò, può porre davanti al fotoelemento un filtro speciale che rea-

lizza un adattamento fra la sensibilità ai colori di questo elemento e la corrispondente qualità dell'occhio. Tale filtro è prodotto ad es. dalla ditta Schott & C. di Meinz (1 mm BG 18 + 2 mm GG 10 + 3 mm KG 3). Con l'impiego di tale filtro, che, a dire il vero, riduce anche la sensibilità, è possibile tarare direttamente la scala dello strumento in Lux. Per fare ciò occorre tuttavia procurarsi in qualche modo uno strumento di comparazione.
Ma anche senza filtro aggiuntivo l'esposimetro lineare consente obiettive misurazioni comparate, sempre che ci si riferisca a fonti luminose dello stesso tipo. Un'interessante possibilità di impiego esiste ad es. nei lavori di ingrandimento in camera oscura.
Notoriamente il tempo di esposizione è influenzato dalla misura dell'ingrandimento e dal diaframma dell'ingranditore, ma anche da oscillazioni nella tensione di rete, da invecchiamento della lampada di proiezione, come pure dallo spessore del negativo da ingrandire. Spesso perciò si debbono fare prove di esposizione che portano via tempo. Con un esposimetro lineare come quello della fig. 1.5 b ci si può semplificare il lavoro. È sufficiente misurare solo una volta l'intensità di illuminazione nel punto più luminoso del negativo proiettato, punto che risulterà poi sulla carta completamente nero. Si osserva (e ci si annota) l'indicazione I_o dello strumento di misurazione e il corrispondente tempo di esposizione t_o.
Se ora, in un altro ingrandimento, si pone l'esposimetro lineare di nuovo sulla superficie di proiezione in modo che il fotoelemento venga illuminato dal punto più chiaro del negativo, lo strumento fornirà un valore I_x. Il tempo di esposizione necessario per questo ingrandimento si ottiene dalla semplice espressione:

$$t_x = \frac{I_o \cdot t_o}{I_x}$$

Così, se ad es. si è ottenuto nel punto più luminoso dell'ingrandimento di prova $I_o = 30\ \mu A$ e $t_o = 3$ sec, è il punto più chiaro del negativo da ingrandire produce ora una corrente di 15 μA, esso deve essere esposto per un tempo di esposizione di:

$$t_x = \frac{30 \cdot 3}{15} = \frac{90}{15} = 6 \text{ sec}$$

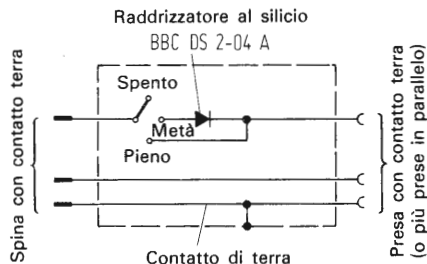
Il procedimento consente di mantenere sempre costante il prodotto dell'intensità di illuminazione e del tempo di esposizione. Poiché la misurazione della luce comprende tutte le grandezze che influenzano l'intensità dell'illuminazione, il calcolo dà sempre il giusto tempo di esposizione per l'annerimento totale, cioè per i punti più scuri della copia stampata; la sovraesposizione non è quindi più possibile. Il procedimento non tiene conto soltanto dei cambiamenti della misura dell'ingrandimento, della regolazione del diaframma, e dello spessore del negativo, ma livella anche differenze di tensione di rete (che influenzano fortemente la luminosità della lampada) e l'invecchiamento della lampada di proiezione. Allo stesso modo si possono naturalmente eseguire anche copie a contatto.

2. Interruttore per riflettori

I riflettori producono una luce molto chiara, adatta per fotografie con luce artificiale, ma hanno però l'inconveniente di colpire la persona da fotografare con una forte quantità di luce e di calore e d'altro canto sono di breve durata. Per questi motivi li si impiega preferibilmente solo per la ripresa vera e propria. Non si può tuttavia tralasciare il fatto che conviene provare prima l'effetto di illuminazione. Lampade ausiliarie più deboli, che darebbero la luce necessaria per tale prova di illuminazione, non potrebbero però stare nello stesso posto in cui starà poi il riflettore vero e proprio, poiché darebbero un effetto un po' diverso. Inoltre la loro installazione provocherebbe costi ulteriori.
In tal caso è utile un apparecchio accessorio, che consente di utilizzare anche per la prova di illuminazione il riflettore, seppure con prestazioni ridotte. L'apparecchio accessorio descritto qui di seguito, molto semplice ed economico, è fatto per essere collegato ad un numero qualsiasi di lampade, fino ad una potenza nominale complessiva di 1100 W.

2.1 Funzionamento

La fig. 2.1 mostra il circuito dell'apparecchio. Tramite un commutatore, che deve essere adatto per tensioni di 250 V ~ e correnti fino a 5 A, i riflettori, collegati alla presa di corrente (con contatto a terra!), possono essere spenti (posizione « spento »), accesi con prestazioni ridotte a metà (posizione « metà ») o con prestazioni complete (posizione « pieno »). Nella posizione « spento », il circuito è aperto, nella posizione « pieno » esso è collegato in modo normale.

Fig. 2.1. Schema del circuito per l'interruttore per riflettori. Nella posizione « metà » è collegato al circuito un raddrizzatore al silicio.

Elenco dei componenti:

1 interruttore a tre posizioni, 250 V~, 5 A.
1 cavo elettrico per l'alimentazione di rete con spina con presa di terra 3 × 1 mm², lungo a piacere
1 diodo (raddrizzatore al silicio) BBC DS 2-04 A
1 presa di corrente (volendo più d'una) più piccoli accessori vari (viti, attacchi da saldatura, filo elettrico isolato (250 V~, 1 mm²))
1 scatola adatta, in metallo o plastica, con pannello frontale

Se però il commutatore è nella posizione « metà », nel circuito è inserito un raddrizzatore al silicio DS 2-04 A (Brown Boveri). Esso lascia passare, come si vede in fig. 2.2, soltanto una semionda della corrente alternata di rete. In questa posizione, perciò, le lampade ricevono solo circa metà della loro normale corrente, il loro consumo di energia scende a circa la metà e la loro luce scema in proporzione. A causa della minore quantità di luce e di calore che si riversa sull'oggetto da riprendere, la durata delle lampade risulta con ciò grandemente aumentata. Che corrente e potenza non vengano esattamente dimezzate dipende dal fatto che la resistenza del filamento delle lampade varia sensibilmente con la temperatura. Passando solo una semionda, la resistenza, a causa della minore temperatura del filamento, è più bassa che a pieno carico, e perciò il consumo di corrente è più grande della metà del valore nominale.

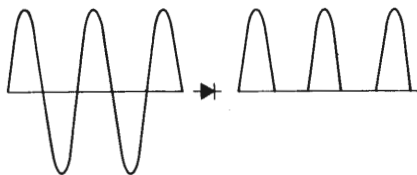



Fig. 2.2. Azione del raddrizzatore: viene lasciata passare solo una semionda della corrente alternata.

Questo però, nel nostro caso, è tutt'altro che uno svantaggio: se la potenza fosse realmente dimezzata, la lampada darebbe infatti pochissima luce.

2.2 Costruzione

La costruzione dell'interruttore riesce nel migliore dei modi se effettuata su un telaio di plastica o di metallo. La disposizione dei pezzi è estremamente semplice; si deve solo ricordare che l'apparecchio è alimentato dalla tensione di rete e che perciò dovranno essere rispettate le norme di sicurezza. Il telaio di metallo, o il pannello frontale usato con il telaio di plastica, devono essere accuratamente collegati con la terra della conduttura di rete e, se si usa una scatola di plastica, nessun pezzo conduttore (viti o altro) deve sporgere all'esterno. Anche i componenti impiegati (presa con con-

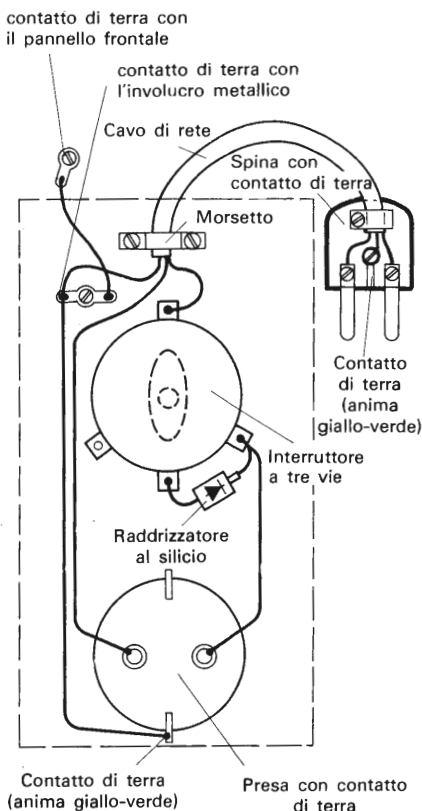



Fig. 2.3. Esempio di realizzazione dell'interruttore per riflettori. La scatola e/o la placca frontale metallica sono collegate a terra.

tatto a terra, filo di rete, commutatore a tre posizioni e spina con contatto a terra) devono rispettare le norme di sicurezza.
La fig. 2.3 mostra schematicamente un modello di costruzione che tuttavia può essere modificato secondo il gusto, il metodo di costruzione e le caratteristiche dei componenti usati. Per es. possono senz'altro essere collegate in parallelo all'uscita molte prese con contatto di terra. Se si vuole essere del tutto sicuri che il proprio apparecchio non possa essere sovraccaricato, si colleghi a uno dei due conduttori di rete ancora un piccolo interruttore automatico di sicurezza da 5 A.
Come cavo di collegamento per la rete di illuminazione serve un filo conduttore con anima tripla, con una sezione di 3×1 mm^2. Il filo di colore giallo/verde viene usato come conduttore di terra; esso è collegato da una parte al contatto di terra della presa, dall'altra parte a quello della spina con contatto di terra. Il collegamento a terra del telaio viene effettuato per mezzo di un contatto avvitato e saldato, realizzato privando in quel punto il conduttore di terra per un pezzettino dall'isolamento e saldandolo. Sotto la saldatura la vernice del telaio dovrà essere raschiata via, per garantire un contatto perfetto. Se si dispone di un pannello di comando di metallo non si farà assegnamento sul fatto che « farà già contatto da qualche parte con il resto della scatola », ma lo si provvederà anch'esso di un contatto a saldatura e li si collegherà entrambi con un tratto di conduttore (meglio di tutto con un pezzo di anima di cavo elettrico).
Le estremità delle singole anime verranno coperte con stagno prima di essere avvitate nell'interruttore e nella presa, affinché i singoli filini non possano liberarsi. Il raddrizzatore al silicio viene montato direttamente fra i contatti corrispondenti dell'interruttore. Bisogna fare attenzione che non tocchi nessuna altra parte metallica, perché nel suo involucro c'è tensione di rete. Meglio di tutto è coprire i suoi conduttori di collegamento con tubetto di gomma isolante (sterling). I conduttori di collegamento del raddrizzatore dovranno essere il più corti possibile, affinché il componente, se sottoposto a forti movimenti, non si metta ad oscillare. Il cavo di collegamento verrà saldamente fissato con un morsetto

poco dopo l'ingresso nella scatola. Il morsetto serve a scaricare la trazione e impedisce che, sottoponendo il cavo ad una sollecitazione meccanica, la parte interna venga sconquassata.
In nessun caso si può lavorare nell'apparecchio aperto quando la presa di rete è inserita: se si toccano contemporaneamente i due fili della rete o uno di essi e il conduttore di terra c'è pericolo di morte! Completata la costruzione, l'apparecchio deve essere provato, dal punto di vista della sua sicurezza, da un esperto. Se è stato allestito nel modo giusto e se il telaio è chiuso, l'interruttore per riflettori è sicuro quanto un qualunque elettrodomestico.

2.3 Istruzioni per l'uso

L'interruttore descritto è adatto per essere collegato a riflettori e a simili apparecchi fino ad una potenza nominale complessiva (somma di tutte le potenze nominali) di 1100 W. In linea generale esso può essere impiegato anche per potenze più grandi usando un raddrizzatore più potente, un conduttore con una sezione più grossa e un interruttore a più alta portata. Tuttavia un raddrizzatore più potente ha bisogno di un opportuno dissipatore di calore, che sta poi sotto tensione di rete e la cui presenza complicherebbe la costruzione. Se devono essere collegati apparecchi più potenti, è più semplice, per chi è poco esperto nella costruzione di apparecchi simili, servirsi di più interruttori del tipo descritto.
Si faccia attenzione che non possono essere collegati al nostro interruttore apparecchi provvisti provvisti di trasformatori o di bobine di impedenza – per es. proiettori o ingranditori o cose come lampade fluorescenti! L'andamento asimmetrico della corrente sulla linea nulla rappresentato in fig. 2.2 corrisponde infatti a una certa porzione di corrente continua all'uscita, che danneggerebbe ben presto tali apparecchi.

3. Temporizzazione elettronico

Un interruttore a tempo può trovare molte utilizzazioni; esso è un circuito che, una volta inserito, accende per un tempo prefissato un utilizzatore collegato e, trascorso questo tempo, lo spegne, oppure, al contrario, azionando il pulsante di avviamento, spegne e, trascorso il tempo prescelto, di nuovo accende l'utilizzatore collegato.

3.1 Funzionamento

Come mostra la figura 3.1, l'attivazione dell'utilizzatore collegato avviene attraverso i contatti di un relè, il cui avvolgimento viene a sua volta comandato dal tiristore Th. Un tiristore è un elemento semiconduttore che fa passare corrente nella direzione che va dal suo anodo A al suo catodo K, finché, contemporaneamente, dalla sua griglia G – elettrodo di comando – scorre verso il catodo K una debole corrente pilota. La corrente fra A e K continua a scorrere anche quando la corrente pilota è cessata, finché non si annulla la tensione fra A e K. Un tiristore non può essere riinnescato senza corrente pilota.
Se il nostro interruttore a tempo è collegato, tramite un interruttore, alla rete, attraverso la resistenza R 1 (da 8,2 kΩ) e attraverso entrambi i diodi Zener Z 1 e Z 2, passa costantemente una corrente di intensità adeguata, che – per tutto il tempo che il transistore T 2 rimane interdetto – passa anche attraverso la griglia G del tiristore verso il suo catodo K e serve come corrente pilota. Per ora, però, il contatto di lavoro a2 del relè è ancora aperto, in modo che non può passare corrente attraverso l'avvolgimento. Se però viene azionato il pulsante d'avvio, allora, dato che il tiristore è già predisposto per l'accensione dalla corrente pilota che lo

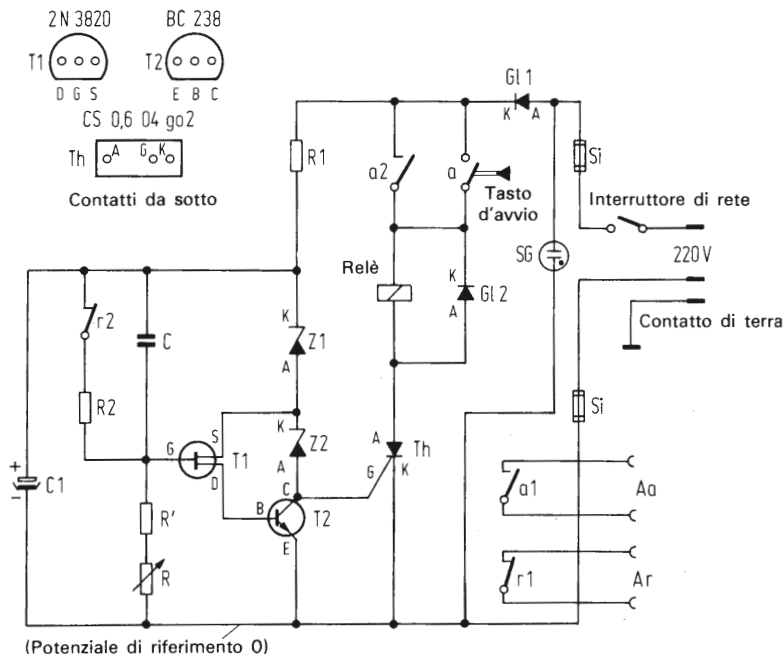



Fig. 3.1. Schema del circuito del temporizzatore elettronico. Il circuito di comando, rappresentato a sinistra nella figura, determina il ritardo nell'innesco del tiristore Th. L'attivazione degli utilizzatori collegati avviene attraverso i contatti del relè.

Elenco dei componenti:

T 1	Transistore P-canale a effetto di campo 2 N 3820 (Texas Instruments)
T 2	Transistore npn BC 238 (Intermetall) o altri
Th	Tiristore CS 0,6-04 go 2 (Brown Boveri) o altri
Z 1	Diodo Zener 1 S 2100 A (Texas Instruments) o altri
Z 2	Diodo Zener 1 S 2082 A (Texas Instruments) o altri
Gl 1	Raddrizzatore al silicio 1 N 4004 (Texas Instruments) o altri
Gl 2	Raddrizzatore al silicio 1 N 4004 (Texas Instruments) o altri
C	Condensatore 10 μF, 63 V
C 1	Condensatore elettrolitico da 50 μF, 35 V
R	Potenziometro da 15 MΩ, lineare, 0,5 W con manopola graduata
R′	Resistore da 100 kΩ, 0,25 W
R 1	Resistore a filo 8,2 kΩ, 6 W
R 2	Resistore 100 Ω, 0,25 W
Rel	Relè rotondo Trls 6a, TBv 62026/9f9f (Siemens) o altri

Si	2 valvole a fusibile 0,25 A, 250 V~ con supporto
SG	lampada di segnalazione fluorescente 220 V~ con portalampada
'	Pulsante con contatto di lavoro, 250 V~
	Interruttore di rete, 250 V~
	Filo per il collegamento di rete con presa con contatto di sicurezza
	Piastra forata a 2,54 mm
	Scatola
	Piccoli accessori (angolare di fissaggio, viti, dadi, filo isolato [250 V~] ecc.)

attraversa, si innesca subito, con il chè all'avvolgimento del relè arriva la tensione completa e il relè scatta. Il contatto di lavoro a1 si chiude e mette quindi in azione l'utilizzatore collegato, mentre il contatto di riposo r1 si apre e l'utilizzatore collegato con esso non riceve più corrente.
A questo punto si può senz'altro lasciar libero il tasto d'avvio senza che cambi nulla. Con lo scatto del relè ora si è infatti chiuso anche il contatto di lavoro a2, che esclude il tasto di avvio e mantiene il relè nella posizione assunta.
L'avvio è dunque riuscito con relativa facilità. Ma come scatta di nuovo il nostro temporizzatore dopo il tempo prescelto? Questa funzione compete alla parte sinistra dello schema. Prima di azionare il tasto d'avvio anche il contatto di riposo r2 era chiuso. Esso cortocircuitava il condensatore C, in modo che entrambi i suoi collegamenti si trovavano ad un potenziale di circa 20 V, determinato in primo luogo dai due diodi Zener Z 1 e Z 2.
I diodi Zener sono elementi semiconduttori, che, per ampie variazioni della corrente che li attraversa, mantengono praticamente costante la tensione ai loro capi. Nel nostro circuito la corrente di griglia del tiristore viene allo stesso tempo sfruttata come « corrente Zener » attraverso i diodi Zener; così viene evitato un inutile consumo di corrente. Attraverso il resistore R' e il potenziometro R scorre dunque una certa corrente, determinata dalla legge di Ohm (I = V/R), che però è piccola e per ora non ha nessuna influenza.
Dopo che il relè è scattato, il contatto di riposo r2 è aperto, ma, a causa della capacità relativamente alta del condensatore C, l'armatura del condensatore collegata con R' e R2 rimane sul potenziale precedente di 20 V. Perciò la corrente continua a scor-

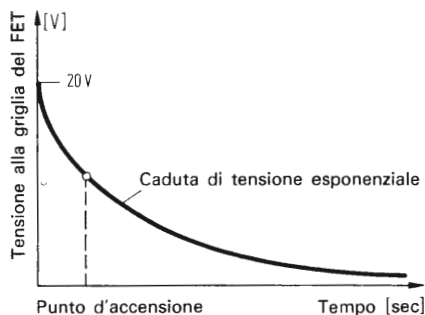



Fig. 3.2. Andamento nel tempo della carica del condensatore nel circuito di figura 3.1. Nel punto di accensione viene innescato il tiristore.

rere attraverso R′ e R e comincia a caricare il condensatore. Ciò vuol dire che la tensione misurata in rapporto al « potenziale di riferimento » a questo punto diventa sempre più negativa. Poiché questa tensione, secondo la legge di Ohm, provoca il flusso di corrente attraverso R′ e R, questa corrente — « corrente di carica » per il condensatore — col tempo diminuisce. Il caricamento del condensatore non ha dunque un andamento lineare nel tempo, ma è rappresentato da una cosiddetta « funzione esponenziale descrescente » quale è illustrata in fig. 3.2.

Il punto di collegamento tra C e R′ è ora però anche collegato con la griglia G del transistore P-canale a effetto di campo T 1. Un simile transistore P-canale a effetto di campo ha ora la proprietà di non lasciar passare corrente fra il suo collegamento di sorgente S e il suo collegamento di drenaggio D per tutto il tempo che la tensione fra la sua griglia G e la sorgente S è più positiva di un valore caratteristico: la sua tensione di pinch-off V_P. La sorgente di questo transistore a effetto di campo viene mantenuta stabile dal diodo Zener Z 2 a un potenziale di circa 10 V, la sua griglia era prima dell'avvio ad un potenziale determinato da Z 1 e Z 2 di circa 20 V. La griglia era dunque più positiva di 10 V rispetto alla sorgente e T 1 non poteva sicuramente condurre alcuna corrente. Dopo un certo tempo, determinato dai valori di C, R′ e R, la tensione che lentamente diventa più negativa, raggiunge alla griglia il valore $V_{Gz} = 10\ V + V_P$, e in quest'istante comincia a passare corrente fra la sorgente e il drenaggio di T 1. A dire il vero essa è debole, ma è sufficiente, dato l'alto guadagno di corrente di T 2, a mandare in conduzione questo transistore npn. Ciò significa che la

corrente pilota prodotta da T 1 agisce sulla base di T 2, in modo che fra il collettore K e l'emettitore E di T 2 passi una corrente maggiore. Il tratto collettore-emettitore del transistore T 2 diventa dunque a bassa resistenza ohmica e la corrente, che scorreva fino a questo momento come corrente pilota nella griglia del tiristore viene derivata verso massa. Dopo poco tempo non scorre più corrente pilota nell'elettrodo di accensione e con la semionda successiva, prodotta dal raddrizzatore Gl 1, il tiristore non può più accendersi. Quindi non scorre più corrente nell'avvolgimento del relè, il relè « si stacca » e tutto ritorna di nuovo nella situazione di partenza; anche gli utilizzatori collegati a a1 o r1 tornano nello stato in cui erano prima dell'avvio. Poiché la corrente di carica per il condensatore dipende, secondo la legge di Ohm, dai valori delle resistenze R′ e R, il tempo per il quale il relè rimane eccitato si può variare agendo su R. La componente fissa R′ della combinazione è scelta in modo che la corrente che la attraversa non possa diventare troppo grande e influenzare il funzionamento del circuito. Il condensatore elettrolitico da 50 μF è scelto in modo che i transistori T 1 e T 2 siano sottoposti ad una tensione più livellata rispetto a quella ottenuta dal raddrizzatore Gl. La sua capacità è infatti così grande che non può essere scaricato nello spazio di tempo che intercorre fra due semionde.
C'è tuttavia una ragione per cui si alimentano il relè e il tiristore con le semionde prodotte dal raddrizzatore Gl 1 e non con una tensione più livellata: in questo modo infatti fra ogni due semionde la tensione all'anodo del tiristore torna a zero, in modo che il tiristore non può più accendersi, se viene meno la sua corrente pilota. Se lo si volesse alimentare con tensione continua, nel momento decisivo non potrebbe spegnersi. Al relè, l'essere azionato con semionde non nuoce affatto. Il raddrizzatore collegato in parallelo con l'avvolgimento del relè ha solo il compito di rendere innocui i picchi di tensione indotta prodotti dal disinnesco dell'avvolgimento che potrebbero danneggiare il tiristore.
I diodi Zener Z 1 e Z 2 non alimentano solo i due transistori, ma forniscono anche una tensione costante al gruppo C, R e R′ che permette di regolare il tempo di commutazione. Perciò anche le

fluttuazioni della tensione di rete non hanno alcuna conseguenza sul funzionamento e sul tempo di commutazione. La resistenza da 100 Ω in serie con il contatto di riposo r2 ha il compito, quando si richiude r2, di limitare la corrente di scarica del condensatore C ad un valore che non possa danneggiare i contatti di r2. Per segnalare la condizione di funzionamento dell'interruttore a tempo, ci si può servire di una lampadina fluorescente a luce rossa collegata dopo i fusibili. Se la lampadina è troppo luminosa per il lavoro in camera oscura, si può collegare in serie ad essa una resistenza da 100 kΩ o 250 kΩ ($\frac{1}{2}$ W); quanto più alta è tale resistenza, tanto minore sarà la luminosità della lampadina.

3.2 Costruzione

Anche l'interruttore elettronico a tempo è predisposto per il collegamento diretto alla rete di illuminazione. Ciò comporta un certo risparmio, poiché in questo modo si risparmia il trasformatore di rete, relativamente caro oltre che ingombrante e pesante. Anche l'impiego di batterie sarebbe risultato sicuramente più caro dal punto di vista della durata. Per quanto riguarda la sicurezza, sono da rispettarsi le stesse precauzioni usate per l'interruttore per riflettori. Esse vanno osservate tanto per quanto riguarda la messa a terra dell'apparecchio, quanto per la scelta dei componenti. Il prototipo è stato costruito, come si può vedere nella foto 2 di tav. 2, in una piccola scatola di plastica che misura 161 × 97 × 61 mm, provvista di un pannello frontale di metallo leggero. Il pannello frontale serve sia per fissare tutti i comandi sia per la basetta; esso è collegato con il conduttore di terra dell'alimentatore di rete. Gli elementi necessari – interruttore di rete, pulsante di commutazione e portalampada per lampada fluorescente – devono essere adatti per una tensione di rete di 250 V~. Anche il potenziometro deve essere scelto adatto per alte tensioni con una tensione di prova di almeno 500 V; un tipo per apparecchi a transistori non sarebbe in grado di sostenerla!
Il prototipo è predisposto per il comando di apparecchi a corrente

debole. Se si vogliono collegare apparecchi alimentati con tensione di rete, si devono impiegare, al posto delle semplici boccole abbinate, degli allacciamenti per apparecchi – e cioè la spina va nell'interruttore a tempo, le boccole al cavo di comando degli apparecchi da collegare. Se viene usato un relè diverso da quello presentato – il che in linea di principio è certamente possibile, se esso possiede i requisiti corrispondenti – ci si assicuri anche in questo caso che i suoi contatti siano predisposti per la tensione di rete.
La costruzione deve riuscire in modo che non ci sia contatto in nessun punto con il pannello frontale o, se si usa una scatola metallica, che non ci sia contatto elettrico con essa. La foto 1 della tavola 1 mostra la costruzione del prototipo dall'interno. Per la costruzione della parte elettronica vera e propria dell'interruttore è stata scelta una piastrina del tipo in commercio. Come mostra la fig. 3.3 una simile piastrina può essere facilmente segata e limata lungo le righe dei fori. I collegamenti si ottengono con alcune interruzioni delle piste di conduzione (vedi fig. 3.3) e con la saldatura dei componenti nonché di alcuni ponti di filo, che nella fig. 3.4 sono indicati con « d ». Il relè, nel prototipo, è stato fissato direttamente sulla basetta conduttrice e collegato con filo ben isolato (isolamento 500 V) ai punti corrispondenti. Le boccole di uscita sono state direttamente collegate ai contatti del relè.
L'unica parte della piastra conduttrice che porta tensione di rete è il collegamento all'anodo del tiristore. Esso viene accuratamente isolato togliendo le piste di conduzione immediatamente vicine. Per togliere le piste di conduzione – nei punti di interruzione indicati in modo riconoscibile in fig. 3.3 – è opportuno servirsi di un cosiddetto interruttore di piste, che è uno strumento da fresatura simile ad una filettatrice. Si pone l'utensile con la punta fresatrice nel foro del punto della pista di conduzione da rimuovere e dopo alcune rotazioni a mano il rivestimento di rame – che del resto è leggerissimo – sparisce senza residui. Non credo che esista un metodo più veloce e più comodo di quello descritto per isolare piastre conduttrici.
Nel prototipo il piccolo raddrizzatore al silicio Gl 1 è stato inserito direttamente fra il portalampada per la lampada fluorescente e il

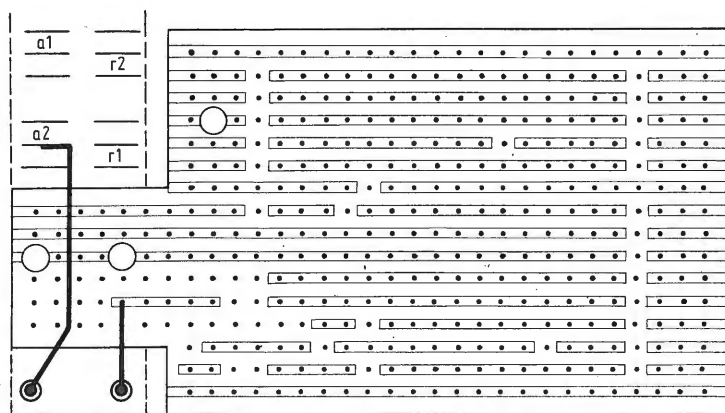



Fig. 3.3. Disposizione delle piste conduttrici sulla basetta relativa alla parte elettronica del temporizzatore. Si riconoscono chiaramente le interruzioni nelle piste.

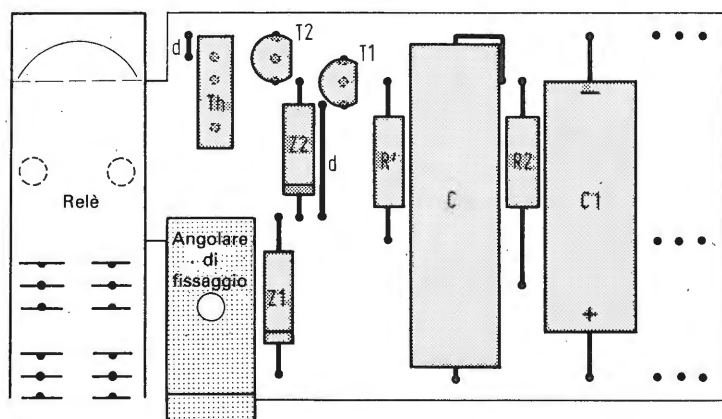



Fig. 3.4. Disposizione dei componenti sulla piastrina conduttrice del temporizzatore elettronico.

pulsante di avvio, l'altrettanto piccolo raddrizzatore Gl 2 ha trovato posto vicino ai collegamenti dell'avvolgimento del relè. Il regolare collegamento dei due raddrizzatori — cioè la loro polarità

– è importante. Il loro catodo K ha come segno di riconoscimento un cerchietto. Anche per i diodi Zener bisogna fare attenzione alla polarità. O il loro catodo ha come segno di riconoscimento un cerchietto, o essi portano come indicazione del senso di conduzione un segno a forma di V; in questo caso il catodo è dalla parte della punta della V. Se i raddrizzatori vengono saldati in modo sbagliato, tutto il circuito non funziona, poiché viene alimentato con semionde negative o il relè viene cortocircuitato per semionde positive. Se i diodi Zener sono inseriti con polarità sbagliate (in questo caso la polarità sbagliata è il senso di conduzione), essi producono una tensione di soli 0,5 V circa; perciò il circuito non può lavorare. Lo schema dei collegamenti per ognuno dei componenti semiconduttori usati è indicato vicino allo schema del circuito in figura 3.1. La figura 3.4 mostra come i componenti vengono fissati sulla piastra conduttrice. Bisogna fare attenzione anche alla polarità del condensatore elettrolitico da 50 μF; se viene collegato con la polarità invertita, assorbe una corrente relativamente alta, si surriscalda rapidamente e va fuori uso. Con i valori scelti per C, R e R′ nel circuito di figura 3.1, si ottengono tempi di commutazione variabili da 0,4 secondi a un minuto circa. Questi valori dipendono in grande misura dalle tolleranze di C e di R, come pure, sensibilmente, dalla dispersione del valore V_p di T 1. In media vale la relazione:

$$T = 0{,}4 \cdot R \cdot C \qquad (\mathrm{M\Omega},\ \mu\mathrm{F}).$$

Se si vogliono ottenere tempi di commutazione diversi da quelli indicati sopra, si devono aumentare R o C (allungamento del tempo di commutazione) o diminuirli (abbreviamento del tempo di commutazione). Poiché in generale lavorare con resistenze molto alte dà maggiori difficoltà, il prototipo è stato costruito con un valore di R massimo di 40 MΩ (doppio potenziometro 2 × 20 MΩ, i due regolatori collegati in serie). Il circuito ha lavorato perfino in queste condizioni straordinarie in modo ineccepibile e ha dato tempi di commutazione fra 0,4 sec. e 2,5 min. circa. Poiché simili potenziometri ad alto valore ohmico sono in genere difficili da trovare, conviene, per lunghi tempi di commutazione,

aumentare il valore di C. In questo caso c'è da far attenzione a scegliere per questo condensatore un buon tipo – preferibilmente in materiale plastico; in caso di necessità si deve raggiungere l'alto valore necessario collegando in parallelo molte piccole capacità. I condensatori elettrolitici – perfino i costosi tipi in tantalio – non sono adatti a questo scopo; essi producono correnti residue, che sono dell'ordine di grandezza della corrente di carica e i tempi di commutazione diventano quindi incerti. Sulla base delle stesse considerazioni è stato scelto per T 1 un transistore a effetto di campo: tale tipo non richiede praticamente alcuna corrente di griglia, cosicché i tempi di commutazione non possono essere falsati.
Chi desidera un altro tipo di contatto di uscita, può collegare il relè usato nell'apparecchio tipo anche con due contatti di lavoro, di riposo e di commutazione. Il suo tipo di contatto (4 × u) lo consente.
La fig. 3.5 presenta la disposizione dei componenti sul pannello frontale, come sono stati disposti per l'apparecchio tipo. La costruzione può essere variata a piacere. È importante in ogni

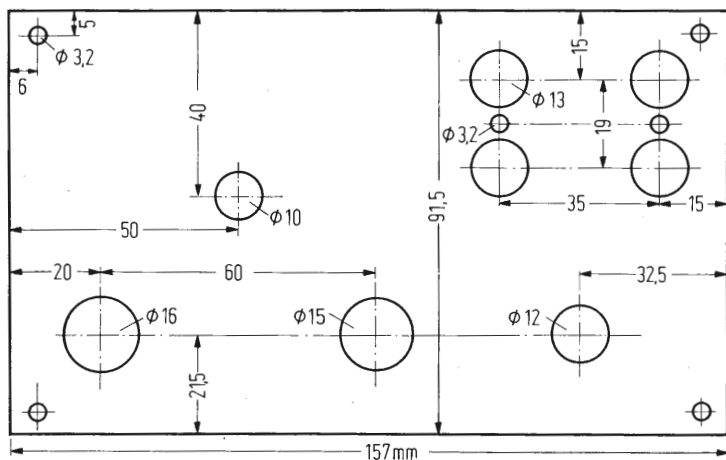



Fig. 3.5. Sagoma per il pannello frontale del temporizzatore elettronico.

caso l'accurato collegamento fra il pannello frontale (e, eventualmente, la scatola di metallo) e il conduttore di massa del cavo di collegamento a rete. Completata la costruzione, l'apparecchio deve essere esaminato da un esperto per quanto riguarda la sicurezza dell'uso.

3.3 Taratura

Il miglior indicatore di tempo non serve a nulla se non si sa quanto sarà lungo il tempo che risulterà da una certa regolazione del potenziometro. Per rimediare a ciò viene anzitutto fissato sotto la manopola graduata di R una scala divisa arbitrariamente ma in modo regolare: poniamo sia ad es. divisa da 0 a 100. Si porta poi la manopola, uno dopo l'altro, su circa 10 diversi valori e si determinano con un cronometro a scatto (può bastare anche un orologio normale con la lancetta dei secondi) i tempi di commutazione corrispondenti ad ogni posizione del potenziometro. I tempi di commutazione vengono poi riportati su un foglio di carta millimetrata — può bastare anche carta a quadretti — in funzione delle posizioni del potenziometro. In questo modo si può tracciare una curva di taratura, dalla quale si può dedurre con quali posizioni si ottengono i tempi più caratteristici, quali ad es. 10 sec, 20 sec, 30 sec, 40 sec, 50 sec, 60 sec. Con questi valori viene poi segnata la scala definitiva che viene fissata sotto la manopola con dell'attaccatutto.

4. Regolatore di esposizione automatico per ingranditori e riproduttori

Preparando prove di esposizione per il lavoro di ingrandimento si è sicuramente pensato ad un apparecchio che potesse regolare il tempo di esposizione tenendo conto automaticamente di tutti i fattori, quali la misura dell'ingrandimento, la posizione del diaframma, lo spessore del negativo, le variazioni di tensioni di rete e l'invecchiamento della lampada. Con un semplice dispositivo supplementare, l'interruttore a tempo può essere modificato in modo da assolvere questi compiti.

4.1 Funzionamento

Sappiamo che il tempo di commutazione del temporizzatore elettronico del capitolo 3 è determinato dalla capacità del condensatore C e dal valore di resistenza del potenziometro R. Se ora si riesce a trovare una fonte di corrente che immetta nel condensatore C una corrente proporzionale all'illuminazione della superficie di proiezione, il problema è in gran parte risolto. Una fonte di corrente del genere ci è, in linea di principio, già nota: l'esposimetro lineare del capitolo 1 funziona infatti con un fotodiodo BPX 63, che genera una corrente proporzionale all'illuminazione. Sostituendo dunque – in linea teorica – il potenziometro R con un BPX 63, si otterrebbe già abbastanza esattamente ciò che si desidera: con l'aumento dell'illuminazione scorrerà una corrente relativamente più grande, caricherà più in fretta il condensatore C e il tempo di commutazione (in questo caso il tempo di esposizione) sarà più corto. Con una diminuzione dell'illuminazione si avrebbero invece tempi di esposizione più lunghi, ma il prodotto dell'intensità di illuminazione per il tempo di esposizione – e quindi l'annerimento della carta sensibile – sarebbe sempre

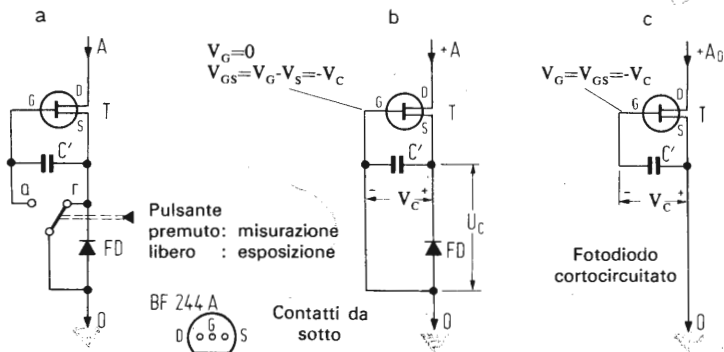



Fig. 4.1. Schema del circuito della testina di misurazione per il regolatore di esposizione automatico. Questo circuito (a) sostituisce il potenziometro R del circuito di figura 3.1. Con la « misurazione » (b) il condensatore C′ viene caricato, con l'« esposizione » (c) C′ produce una tensione pilota costante per il transistore ad effetto di campo, cosicché la corrente rimane costante.

Elenco dei componenti:

T	Transistore N-canale a affetto di campo BF 244 A o BF 245 A (Texas Instruments)
FD	Fotodiodo BPX 63 (Siemens)
C′	Condensatore plastico 3,3 μF, 63 V
	Pulsante con contatto di commutazione
	Scatola di plastica, circa 60 × 60 × 30 mm
	Cavo di collegamento, 2 × 0,5 mm², 250 V~
	Presa a due poli, 250 V~
	Allacciamenti adatti per la presa
	Appoggio in ceramica
	Piccoli accessori, materiale di copertura trasparente 60 × 60 mm
	Filtro grigio o 2 pellicole filtranti Polaroid

costante. Per quanto questo dispositivo sembri grazioso da realizzare, esso ha tuttora uno svantaggio molto grave! Durante tutta l'esposizione, infatti, il fotodiodo dovrebbe rimanere sul piano di proiezione e ciò causerebbe su ogni ingrandimento il segno dell'ombra di questo componente. Dobbiamo quindi farci venire in mente qualcosa per rimediare a questo inconveniente.

La fig. 4.1 mostra un circuito che, dopo la misurazione, può essere allontanato dal piano di proiezione: esso « prende nota » del valore misurato per un certo tempo, e l'esposizione seguente corrisponde alle condizioni di illuminazione precedentemente deter-

minate. Il circuito consta di un transistore N-canale a effetto di campo, di un condensatore, di un pulsante con contatto di commutazione e dell'ormai noto fotodiodo BPX 63.
Per facilitarne la comprensione del funzionamento, il circuito è rappresentato in figura 4.1 b nelle condizioni in cui è quando si preme il tasto, cioè nella posizione « misurazione »; la figura 4.1 c rappresenta, al contrario, la condizione di tasto disinserito, cioè al momento dell'esposizione che segue la misurazione.
Nella posizione del tasto « misurazione » (figura 4.1 b) il transistore ad effetto di campo lavora nel cosiddetto « circuito griglia-base »; ciò significa che la polarizzazione (nel nostro caso attraverso il fotodiodo) ha luogo sulla base e la griglia rimane al potenziale di riferimento. Questo circuito griglia-base presenta per prima cosa la caratteristica che la sorgente dei segnali di comando viene praticamente fatta funzionare in cortocircuito. Questa è, come sappiamo, una condizione importante per il BPX 63, con il quale solo la corrente di cortocircuito e non la tensione prodotta è proporzionale all'intensità di illuminazione. Con esso, inoltre, la corrente all'attacco di drenaggio corrisponde esattamente alla corrente pilota; le due correnti sono uguali e ampiamente indipendenti dalla tensione al drenaggio.
Qui il BPX 63 non viene usato come fotoelemento, ma come fotodiodo: attraverso il collegamento drenaggio/sorgente, esso riceve inizialmente una tensione in senso contrario. Fino a quando la luce non lo colpisce, non scorre corrente, poiché la sua cosiddetta « resistenza di buio » è straordinariamente alta.
Poiché la corrente di drenaggio del transistore a effetto di campo dipende dalla tensione fra griglia e sorgente, per ogni aumento della luce che lo colpisce, deve prodursi al fotodiodo esattamente la tensione che, come tensione pilota fra griglia e sorgente, produce una corrente di drenaggio corrispondente alla corrente fotoelettrica del diodo. Con la misurazione, però, anche il condensatore C′ viene caricato a questa tensione.

Tavola 1, Foto 1: Temporizzatore elettronico. La piastra frontale serve come base di montaggio

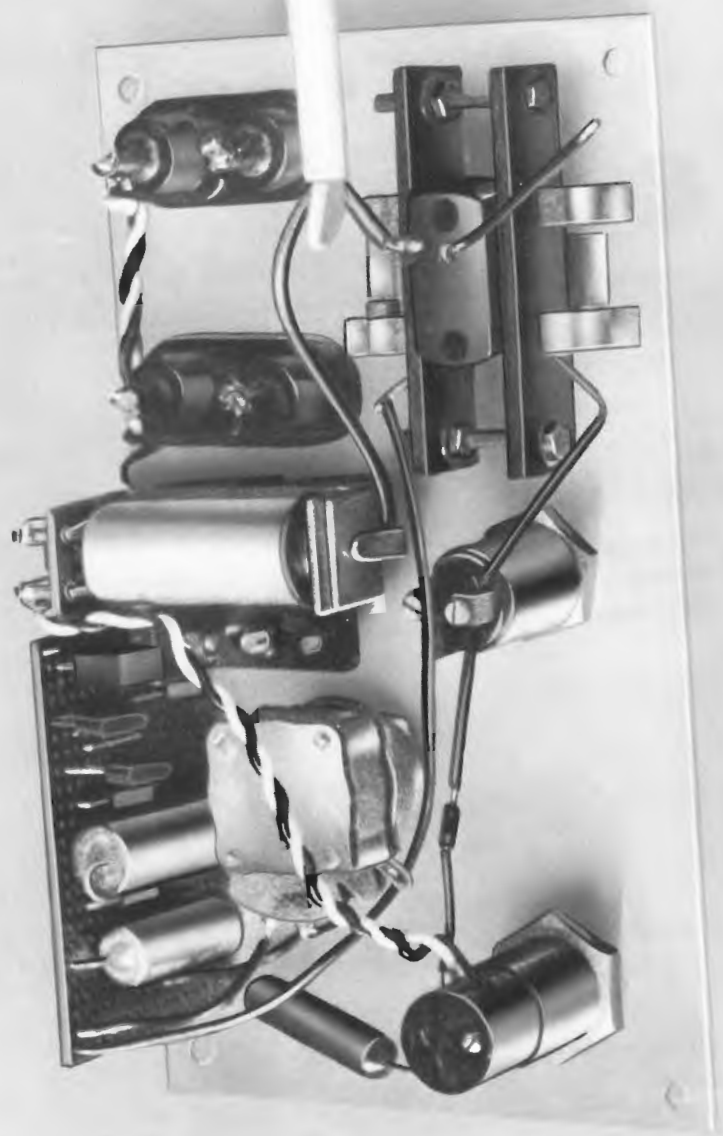
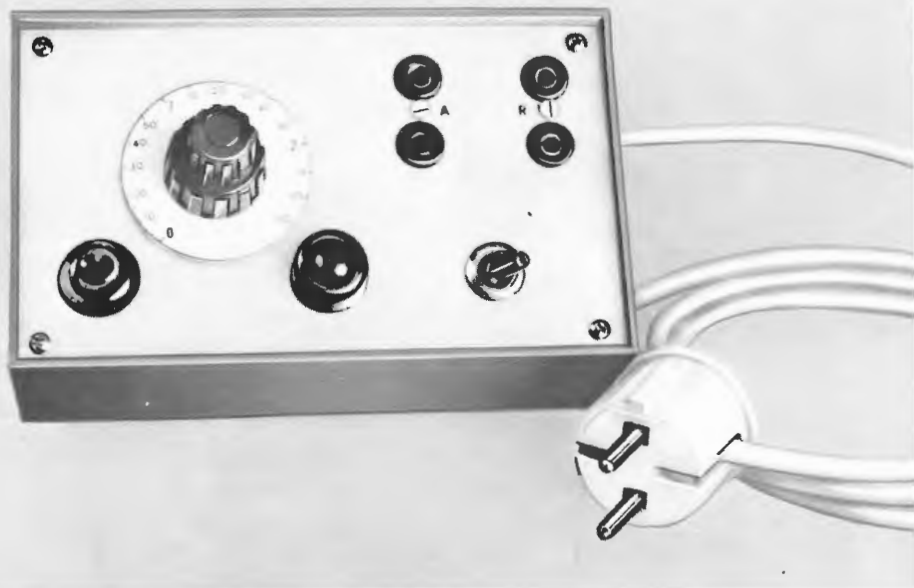
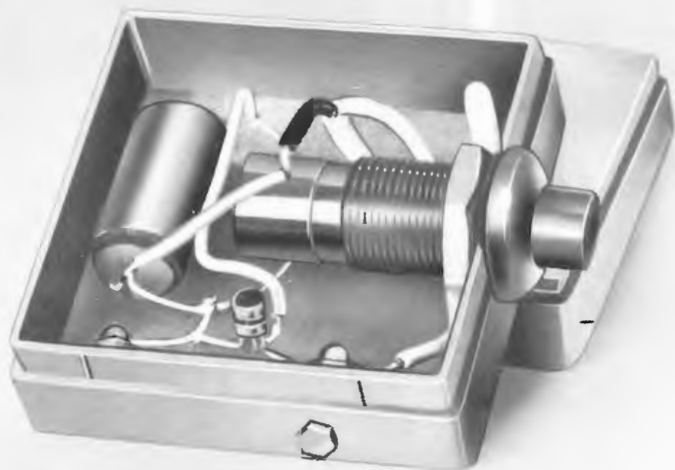



Foto 2: Temporizzatore elettronico

Tavola 2

Foto 3: Interno della testina di misurazione per l'interruttore automatico d'esposizione

Se ora il tasto viene lasciato libero, il circuito corrisponde a quello presentato in fig. 4.1 c. Il transistore a effetto di campo lavora ora con il consueto « circuito sorgente-base ». La sua sorgente è dunque al potenziale di riferimento e il comando avviene alla griglia. Dalla griglia dipende però ora soltanto il condensatore C′, che non ha potuto essere scaricato con il disinnesto e perciò è ancora caricato con la tensione ottenuta al momento della misurazione. Fra griglia e sorgente c'è dunque ancora la stessa tensione di prima e perciò anche la corrente di drenaggio deve essere ancora la stessa. Poiché la griglia non sottrae praticamente corrente al condensatore, questa situazione si mantiene benché il fotodiodo ora sia in cortocircuito. Lo possiamo dunque senz'altro allontanare dalla superficie di proiezione, senza che cambi nulla; il circuito ha « registrato » l'intensità di illuminazione precedentemente proiettata sul fotodiodo.

Se ora la « testina di misurazione » rappresentata in fig. 4.2 viene collegata al posto del potenziometro R all'interruttore a tempo del cap. 3, la corrente che passa attraverso di esso — che dipende dall'illuminazione al momento della misurazione — determina il caricamento del condensatore e con ciò il tempo di scatto, nel modo desiderato. La corrente viene assorbita dal circuito dei diodi Zener del regolatore di tempo. R′ provvede a che essa non diventi tanto forte da nuocere al funziona-

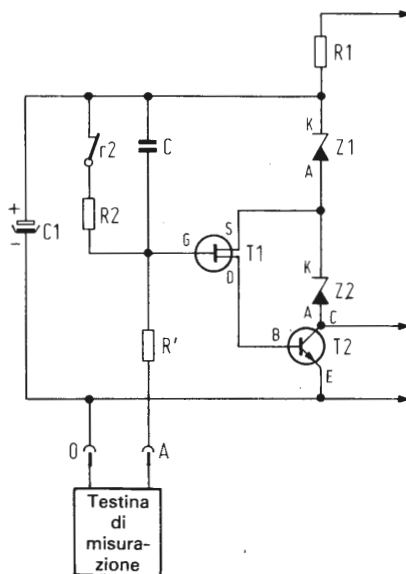



Fig. 4.2. Collegamento della testina di misurazione al temporizzatore elettronico della figura 3.1.

mento del regolatore di tempo. Se alla « misurazione » c'era molta luce, la corrente di carica del condensatore C è grande e il tempo di esposizione comandato dal regolatore di tempo sarà breve. Con un'illuminazione debole durante la misurazione, la corrente di carica per C sarà piccola e l'esposizione durerà corrispondentemente di più.

4.2 Costruzione

La testina di misurazione è stata costruita, nel prototipo, in una scatoletta di plastica. Fotodiodo, tasto e uscita del cavo di collegamento sono disposti in modo che lavorando non incontrino ostacoli. La foto 3 della tav. 2 mostra la disposizione all'interno della scatoletta. La costruzione è stata effettuata in modo che nessun componente sotto tensione sia accessibile dall'esterno; la testina di misurazione ha dunque un « isolamento di sicurezza ». Se si vuole usare una scatola di metallo, il cavo di collegamento deve contenere una terza anima per il conduttore di massa, che collega elettricamente la scatola della testina con il contatto a terra della scatola dell'interruttore a tempo.
Il fotodiodo è inserito in un pezzetto di tubo isolato lungo circa 5 mm, rivolto verso la parte superiore della scatoletta (vedi foto di copertina). Come copertura per tutta la parte superiore della testina si usa un pezzetto di plastica trasparente; in tal modo si impedisce che sporco o polvere possano arrivare sulla lente del fotodiodo e inoltre viene esclusa la possibilità di toccare l'involucro conduttore di tensione del diodo.
Per la realizzazione del circuito elettrico nella testina di misurazione è stata scelta una costruzione « volante ». Non vale la pena, per così pochi pezzi, di costruire un circuito su piastra extra, e il pulsante fornisce sufficienti punti di appoggio. Solo per l'uscita di drenaggio del transistore a effetto di campo è stato montato un sostegno isolato in ceramica, affinché, manipolando in modo imprudente, non venga strappato con il conduttore di collegamento l'intero circuito.

È importante che venga usato per il condensatore C′ un tipo a fogli di plastica. Se infatti questo condensatore presenta perdite di isolamento, perde relativamente presto la sua carica, la sua tensione diventa più piccola e la corrente attraverso la testina di misurazione diminuisce. Lo stesso vale per il pulsante: deve essere isolato al massimo. Il tipo mostrato in fotografia è al limite di utilizzazione. Quanto meglio sono isolati condensatore e pulsante, tanto più a lungo rimane costante la corrente della testina di misurazione. Comunque la corrente è rimasta praticamente costante per più di un minuto anche nel prototipo descritto. Questo tempo è sufficiente per fare, non solo uno, ma anche parecchi ingrandimenti di un negativo.
Nella scelta del pulsante c'è da fare attenzione che durante la commutazione, in nessun caso devono essere chiusi contemporaneamente il contatto di lavoro e il contatto di riposo, fosse anche per un tempo brevissimo: il condensatore che, per così dire, rappresenta la « memoria » della testina di misurazione, verrebbe infatti subito scaricato. Con i tipi normali di pulsanti, qualcosa del genere non succede, ma offerte speciali « particolarmente convenienti », che contengono di tanto in tanto componenti per usi speciali, dovrebbero essere provate da questo punto di vista, altrimenti poi si perdono ore per cercare l'immaginario errore nel circuito.

4.3 Istruzioni per l'uso

Il tempo medio di commutazione del regolatore automatico di esposizione (tempo di esposizione) dipende da vari fattori. Entrano in gioco l'intensità della luce dell'apparecchio ingranditore, la sua ottica, le tolleranze dei singoli componenti impiegati nella costruzione dell'interruttore a tempo. Qui di seguito daremo dunque le istruzioni su come adattare il circuito del regolatore di esposizione ai vari dati.
Se la prova mostra che i tempi di esposizione sono troppo lunghi, la capacità del condensatore C viene abbassata fino al fattore

voluto. C = 5 μF dà per es. metà tempo di esposizione rispetto a C = 10 μF, C = 1 μF solo un decimo. Se al contrario i tempi si rivelano troppo corti, sono possibili molti rimedi.
Si può ad es. aumentare il valore del condensatore C, determinante per il tempo, o scegliendo un tipo di maggiore capacità (che però non è molto semplice da reperire nel tipo in plastica) o collegando in parallelo molti piccoli condensatori. Tre condensatori da 10 μF producono ad es. un tempo di scatto triplo rispetto ad un condensatore da 10 μF.
Ancora più semplice è mettere davanti alla finestra per la luce del fotodiodo — nella testina di misurazione — un opportuno filtro grigio. In tal modo l'illuminazione del diodo viene diminuita e il tempo di scatto diventa più lungo. Una soluzione elegante è quella di usare due pezzetti di pellicola polarizzante che si può trovare da un'ottico come campione di prova per occhiali da sole polaroid. Tale pellicola, semplicemente messa davanti alla finestra del fotodiodo, allunga il tempo di scatto di circa il doppio. Se si applica anche una seconda pellicola, si può ottenere, attraverso la reciproca distorsione dei due fogli di filtro, ogni prolungamento di tempo desiderato fra i fattori 2 e 20, in modo che si può adattare la testina di misura a tutti i dati. La testina viene sempre messa con la finestra nel punto più chiaro della proiezione del negativo. Essa regolerà poi l'esposizione in modo che questo punto diventi sempre completamente nero sulla carta sensibile.

5. Termostato elettronico

Per mantenere costante la temperatura dei bagni di sviluppo e anche per altri scopi – ad es. la regolazione del calore dei bagni di acqua calda – un termostato elettronico, con le sue regolazioni molto precise, è di grande utilità. Un apparecchio di questo tipo controlla costantemente la temperatura e regola il calore di volta in volta in modo che la temperatura desiderata venga mantenuta entro piccole variazioni.

5.1 Funzionamento

Come rilevatore di temperatura viene utilizzata nel circuito rappresentato in fig. 5.1 una cosiddetta resistenza NTC. Mentre da una normale resistenza elettrica ci si aspetta che non cambi il suo valore per ampie variazioni di temperatura, con una resistenza NTC si utilizzano volutamente le proprietà di certi materiali, la cui resistenza elettrica diminuisce con l'aumento della temperatura. Tanto più alta è dunque la temperatura, tanto più piccola diventa la resistenza del resistore NTC (NTC = coefficiente termico di resistenza negativo).
In un circuito come quello di fig. 5.1, la resistenza NTC viene fatta funzionare in un cosiddetto « circuito a ponte », che garantisce un'ampia indipendenza dalla tensione di funzionamento. Le due resistenze R 1 e R 2 formano un lato del « ponte », la resistenza NTC, il potenziometro R e la resistenza di protezione R′ formano l'altro lato, col che la tensione del segnale dipendente dalla temperatura della resistenza NTC viene captata da un lato fra i punti di collegamento di R 1 e R 2, dall'altro lato fra i punti di collegamento di NTC e R. Per il rafforzamento di questo segnale serve un cosiddetto « amplificatore operazionale ». Si tratta di un

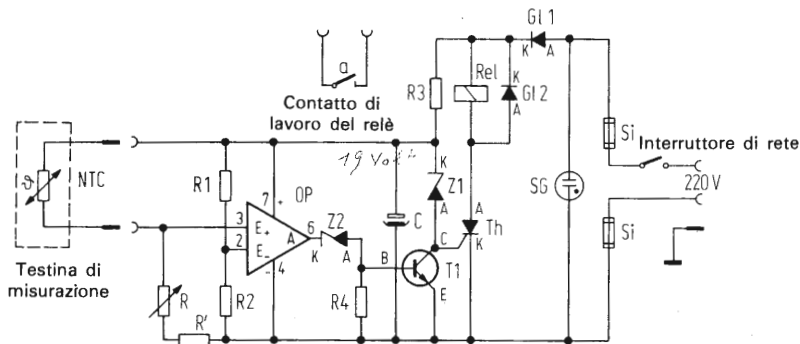



Fig. 5.1. Schema di circuito per il termostato elettronico. Il rilevatore di temperatura NTC produce un segnale elettrico che viene rafforzato dall'amplificatore operazionale OP e comanda quindi il tiristore Th e il relè. Attraverso il relè viene acceso e spento il riscaldamento.

Elenco dei componenti:

OP	Amplificatore operazionale 741 (varie ditte)
T	Transistore npn BC 238 (Intermetall) o altri
Th	Tiristore CS 0,6-04 go 2 (Brown Boveri)
Z 1	Diodo Zener 1 S 2180 A (Texas Instruments)
Z 2	Diodo Zener 1 S 2091 A (Texas Instruments)
Gl 1, Gl 2	Raddrizzatori al silicio 1 N 4004 (Texas Instruments)
Rel	Relè rotondo Tres 6a, TBv 62026/10a (Siemens)
NTC	Rilevatore di temperatura; nella punta dello stelo R_{25} = 220 kΩ
	NTC 2322 627 11224 (Valvo)
	Presa, bipolare, 250 V~ e boccole
R	Potenziometro 250 kΩ, lineare, 0,5 W, 250 V~
R 1, R 2	Resistori 220 kΩ, 0,25 W
R'	Resistore 30 kΩ, 0,25 W
R 3	Resistore a filo 6,8 kΩ, 6 W
R 4	Resistore 10 kΩ, 0,25 W
C	Condensatore elettrolitico 50 μF, 35 V
SG	Lampada fluorescente di segnalazione 220 V con montatura
Si	due fusibili 250 mA, 250 V~ con montature
	interruttore di rete 250 V~
	Scatola,
	Piastrina forata a 2,54 mm
	Cavo di rete con presa con contatto di sicurezza
	Piccoli accessori (tubo isolante da 6 mm di diametro interno, viti, ecc.)

circuito integrato, che contiene nel suo piccolo involucro un gran numero di transistori e di altri componenti, che vengono costruiti con un unico processo lavorativo su un minuscolo pezzetto di sili-

cio. Tale tipo di integrazione viene detto « monolitico » che letteralmente significa « su un'unica pietra ». Un « amplificatore operazionale » integrato monolitico è dunque un circuito costruito in modo complesso, che non si deve costruire saldando insieme i singoli componenti, ma che si può comperare già completo e ad un prezzo relativamente conveniente. Con ciò non si è solo risparmiato molto lavoro, ma si sono anche evitati eventuali errori. L'amplificatore operazionale impiegato – il 741 – è un cosiddetto amplificatore differenziale ad alto fattore di amplificazione. Se le tensioni ai suoi due ingressi E+ e E– sono uguali, all'uscita produce una tensione che corrisponde in pratica esattamente alla metà della tensione di funzionamento immessa. Nel nostro caso l'amplificatore operazionale viene alimentato con circa 19 V di tensione di funzionamento, che è determinata dal diodo Zener Z 1. Perciò la tensione in uscita dell'amplificatore OP, se i suoi ingressi sono allo stesso potenziale, è di circa 9,5 V.
Se i potenziali sono diversi ai due ingressi, presentano cioè una differenza, l'uscita dell'amplificatore operazionale produce una tensione della grandezza:

$$V_a = \frac{1}{2} V_B + K\,(V_{E+} - V_{E-})$$

dove V_a è la tensione di uscita dell'amplificatore riferita al potenziale di riferimento del collegamento negativo della tensione di funzionamento, V_{E+} e V_{E-} sono le tensioni all'ingresso corrispondente, egualmente rapportate al potenziale di riferimento, V_B è la tensione di polarizzazione e K il fattore di amplificazione, nel 741 circa 200.000. Una piccola differenza fra le tensioni all'ingresso provoca dunque una grande differenza del segnale in uscita rispetto al suo valore di riposo (da cui la denominazione « amplificatore differenziale »). Nella pratica ciò significa ad es. che una tensione d'ingresso V_{E+} che sia più alta di soli 25 μV (sono 25 milionesimi di V) rispetto a V_{E-} produce in uscita invece di 9,5 V, 14,5 V di tensione. Se V_{E+} è nella stessa misura più piccola di V_{E-} appaiono all'uscita invece di 9,5 V solo 4,5 V. Differenze di ten-

sione all'ingresso di 50 μV fanno sì che l'OP venga spinto all'uscita al valore estremo, cioè fino a 19 V o a zero.
Con il circuito disegnato in fig. 5.1 ora l'ingresso E– è mantenuto costante attraverso le due resistenze R 1 e R 2 (ciascuna di 220 kΩ) a un potenziale di circa 9,5 V. Per la comprensione del funzionamento si presuma ad es. che il potenziometro R sia regolato sulla metà del suo valore massimo – dunque su 125 kΩ. Assieme alla resistenza di protezione R', nella parte sinistra del ponte, ci sono poi la resistenza NTC e una resistenza totale di 155 kΩ.
Il rilevatore di temperatura NTC venga ora immerso in un bagno a una temperatura di 25 °C. La sua resistenza assume quindi un valore di 220 kΩ secondo la tabella dei dati. All'ingresso E+ c'è dunque una tensione di:

$$V_{E+} = \frac{155}{155 + 220} \cdot 19\ \text{V} = 7{,}85\ \text{V}$$

Essa è notevolmente più piccola della tensione di 9,5 V a E– e all'uscita dell'amplificatore si presenta dunque una tensione praticamente di 0 V rispetto al potenziale di riferimento. Il diodo Zener Z 2, che diviene conduttore solo con circa 9,5 V, non fa dunque passare corrente. Con ciò nemmeno la base del transistore T riceve corrente pilota e il tratto collettore-emettitore rimane chiuso. La corrente complessiva che passa attraverso la resistenza R 3 (6,8 kΩ) e il diodo Zener Z 1 scorre dunque nella griglia, elettrodo modulatore del tiristore Th, cosicché esso può accendersi ad ogni semionda emessa dal raddrizzatore Gl. Il relè che si trova nel circuito del tiristore accende, attraverso il suo contatto di lavoro, il riscaldamento del bagno.
Questa situazione viene mantenuta fino a che il bagno – e quindi il rilevatore di temperatura – non abbia raggiunto una temperatura alla quale la resistenza NTC abbia la stessa resistenza di R' + R, nel nostro caso 155 kΩ. Secondo il foglio delle caratteristiche ciò corrisponde a circa 35 °C nel nostro caso. In questo momento V_{E+} diventa uguale a V_{E-} e la tensione di uscita assume il valore di circa 9,5 V. Con questa tensione Z 2 conduce, la base del transistore T_1 riceve dunque corrente pilota e il tratto collettore-

-emettitore di T 1 diviene conduttore. La corrente pilota per Th trova così un circuito secondario dopo aver passato la griglia del tiristore e il tiristore si blocca. Con ciò il relè Rel si stacca e il riscaldamento del bagno viene interrotto. Ora non viene più riscaldato fino a quando il bagno e quindi il rilevatore di temperatura non si siano un po' raffreddati. A quel punto l'NTC diventa di nuovo ad alta resistenza ohmica, V_{E+} diventa di nuovo più piccolo di V_{E-}, la tensione di uscita di OP cade a zero, il transistore T si blocca, il tiristore Th può di nuovo accendersi, il relè Rel scatta di nuovo e il riscaldamento del bagno ricomincia. A causa dell'amplificazione molto grande di OP tutto questo accade entro variazioni molto piccole di temperatura. Ciò significa che la temperatura del bagno è sottoposta solo a piccole oscillazioni attorno alla « temperatura necessaria » determinata da R. È evidente che il punto di contatto determinato dalla condizione $V_{E+} = V_{E-}$ può essere cambiato entro vasti margini con un'altra regolazione di R. Nel circuito di fig. 5.1 esso può essere regolato fra circa 20 °C e 90 °C.
La resistenza di protezione R′, che è collegata in serie con il potenziometro R, ha, con i suoi 30 kΩ, due compiti. Da un lato essa deve impedire che con il potenziometro R messo completamente a zero possa scorrere attraverso la resistenza NTC una corrente troppo alta e lo danneggi, dall'altro lato essa pone un limite verso l'alto anche alle variazioni di temperatura. Le alte temperature in genere sono indesiderate: nessuno infatti vuole cucinare con il suo bagno di sviluppo. Se si desidera un campo di variazioni di temperatura dai margini ristretti, un aumento della resistenza di protezione provoca un abbassamento della temperatura massima. Corrispondentemente R viene diminuita dello stesso valore. Così ad es. una combinazione di R = 200 kΩ con R′ = 70 kΩ produce un campo regolabile da 20 °C a 60 °C. Impiegare temperature sotto la temperatura ambiente è assurdo, poiché poi il naturale raffreddamento del bagno da stabilizzare non è più possibile. Il riscaldamento rimane quindi stabilmente disinserito e il bagno prende la temperatura ambiente. Come già per il regolatore a tempo del cap. 4, anche in questo circuito il condensatore elettroli-

tico da 50 μF fa sì che l'elettronica di comando (rilevatore di tempo, circuito a ponte, amplificatore operazionale OP e transistore T) non venga alimentata con semionde di tensione alternata, ma con corrente livellata. La sua capacità è prevista così grande che non può sostanzialmente scaricarsi fra due semionde. Il raddrizzatore Gl 2 assicura di nuovo la protezione del tiristore contro i picchi di tensione indotta che si manifestano quando si stacca il relè.

5.2 Costruzione

Anche il termostato elettronico, per risparmiare il trasformatore di rete relativamente costoso e pesante, viene fatto funzionare direttamente con la rete di illuminazione. Le misure di sicurezza già descritte in modo particolareggiato per l'interruttore per riflettori e per l'interruttore a tempo sono perciò da rispettarsi accuratamente anche in questo caso; la miglior cosa è costruire l'apparecchio in una scatola di plastica e fare attenzione che non sporga nessun pezzo conduttore di tensione. Se si usa una scatola di metallo o una scatola di plastica con pannello frontale in metallo, le parti metalliche sono da collegare in modo sicuro con il conduttore di terra dell'alimentatore di rete.
La parte elettronica è, anche in questo caso, collocata su un pezzettino di piastrina forata. La fig. 5.2 mostra la disposizione delle piste conduttrici con le interruzioni da operare. La fig. 5.3 mostra la distribuzione dei componenti e i ponti di filo conduttore « d ». Il condensatore elettrolitico C da 50 μF copre parzialmente le resistenze R′ e R 1. I collegamenti non utilizzati dell'amplificatore operazionale OP vengono messi in fori praticati lateralmente alle piste di conduzione e non vengono saldati. L'alimentazione di corrente avviene attraverso un cavo di collegamento alla rete opportunamente ricoperto, con tre anime (3 × 1 mm²) e presa con contatto di terra. Per l'uscita viene usato un allacciamento provvisto di contatto di sicurezza adatto al livello termico del bagno; dalla parte della presa esso è collegato al termostato, dalla parte della

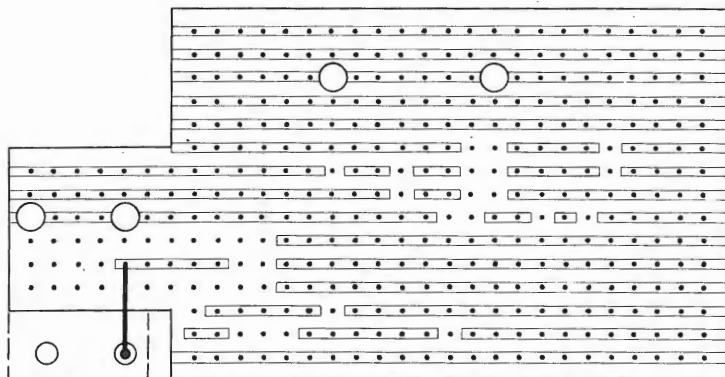



Fig. 5.2. Disposizione delle piste conduttrici sulla piastra della parte elettronica del termostato, con le relative interruzioni.

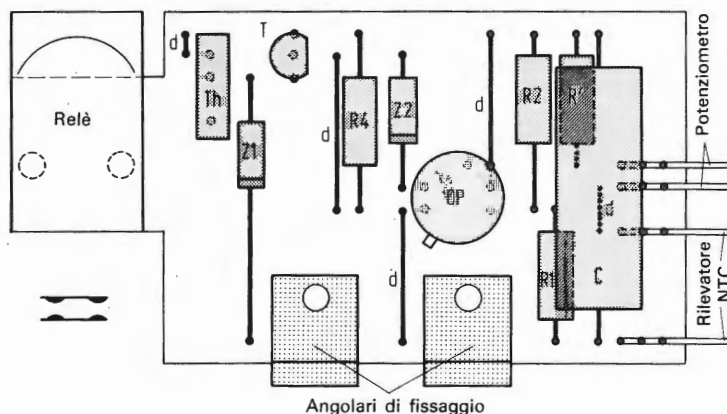



Fig. 5.3. Disposizione dei componenti sulla basetta conduttrice della parte elettronica del termostato.

boccola al cavo di collegamento per il riscaldamento. Il contatto di lavoro del relè serve per il riscaldamento come interruttore a due vie (aperto/chiuso).

Come rilevatore NTC viene usato un tipo nel quale il vero e proprio elemento NTC è fuso in un corpo di vetro a forma di pistillo di 2 mm di diametro e 30 mm di lunghezza. Questo rilevatore viene dapprima saldato con il cavo di collegamento (2 × 0,5 mm^2, a due anime e flessibile), quindi i due punti saldati vengono accuratamente isolati uno dall'altro e infine si mette tutto l'elemento misuratore in un tubo di plastica di circa 6 mm di diametro interno e di lunghezza adeguata. La plastica deve essere resistente al calore e sopportare la temperatura massima del bagno, cosa che è meglio verificare. Si ottura poi lo spazio fra rilevatore e parete del tubo, come pure l'altra estremità del tubo, attraverso la quale il conduttore esce all'esterno, con un po' di ovatta, si spinge questo tappo di ovatta a circa 10 mm di profondità e si chiudono le estremità del tubo con resina sintetica a due componenti, ad es. araldite, facendo attenzione alle condizioni del congiungimento. Il rilevatore completo viene poi collegato, mediante una presa da 250 V~ con l'apparecchio. In nessun caso possono rimanere scoperte parti conduttrici di tensione del rilevatore o del suo cavo di collegamento, che possano essere toccate.
La disposizione dei componenti usati sul pannello frontale è lasciata al gusto personale. In generale l'apparecchio si costruisce in modo simile all'interruttore a tempo rappresentato nella foto 2 della tav. 2. In ogni caso, terminata la costruzione, l'apparecchio deve essere provato da un esperto dal punto di vista della sicurezza.

5.3 Taratura

La taratura del termostato è semplice. A questo scopo si usa il bagno da stabilizzare, un termometro attendibile per la gamma da 0 a 100 °C e un foglio di carta millimetrata (può bastare anche un foglio di carta a quadretti).
Prima di tutto viene applicata sotto la manopola del potenziometro una scala divisa accuratamente, diciamo da 0 a 100. Poi si collega il riscaldamento al termostato, col che questo assume il

ruolo di interruttore a due vie, e si introduce nel bagno il rilevatore di temperatura collegato con l'apparecchio di regolazione. La manopola viene quindi regolata sui gradi voluti (circa 10 misure distribuite su tutto il tratto di regolazione) e ogni volta si aspetta fino a che la temperatura del bagno è stabile. Poi si legge con l'aiuto del termometro la temperatura corrispondente di volta in volta alla posizione del regolatore. Se ora si riportano le varie temperature sulla carta millimetrata, come funzione delle corrispondenti posizioni del regolatore, tracciando una curva si avrà la curva di taratura. Con il suo aiuto si può tracciare la scala definitiva, che si dividerà al massimo in intervalli di 10 °C. In pratica il regolatore sarà posizionato sulla temperatura desiderata e comanderà il riscaldamento del bagno. Il contatto di lavoro del relè presentato è usato per correnti di circuito fino a 4 A. Il termostato può perciò comandare riscaldamenti fino ad un consumo di energia di 800 W. Dovrebbe bastare perfettamente per tutti i casi. Immediatamente al di sopra della temperatura ambiente il regolatore, per esperienza, lavora meno bene, perché il naturale raffreddamento del bagno che fa parte del processo di regolazione è lentissimo. Con temperature oltre i 30 . . . 35 °C si osserveranno però solo oscillazioni di ±0,5 °C.

6. Caricatore per piccoli accumulatori

Gli apparecchi a batteria godono di una popolarità crescente. In molti casi non si usano con essi batterie a secco, a causa della spesa, ma piccoli accumulatori ricaricabili. Tali accumulatori devono venir ricaricati dalla rete di illuminazione con l'aiuto di caricatori adatti e non solo quando sono esauriti per l'uso, ma anche dopo una sosta troppo lunga. Un caricatore di accumulatori per questi scopi non ha bisogno di fornire grandi prestazioni, poiché le batterie corrispondenti sono piccole per ragioni di spazio e di peso e hanno capacità massime di 500 mA. Per il ricaricamento si calcolano di regola 10 ore circa con una corrente di carica che ammonta a 1/10 della capacità delle batterie.
Di seguito è descritto un semplice apparecchio con cui si possono caricare batterie di accumulatori fino a 9 V con correnti fino a 50 mA. L'intensità della corrente di carica è regolabile e si può abbassare fino a meno di 2 mA; per il controllo della corrente di carica serve uno strumento di misura incorporato. La tensione delle batterie (fino a quando non supera i 9 V) e le condizioni del caricamento non hanno alcuna influenza sulla corrente di carica, che rimane praticamente costante per tutto il processo di caricamento.

6.1 Funzionamento

Il circuito del caricabatterie è visibile in fig. 6.1. Un piccolo trasformatore riduce la tensione di rete da 220 V~ a 12 V~. Poiché l'avvolgimento secondario deve produrre solo 100 mA, basta un piccolissimo trasformatore (grandezza del nucleo M 42). Con l'aiuto di un ponte raddrizzatore formato da quattro raddrizzatori al silicio si ottiene dalla corrente alternata corrente continua

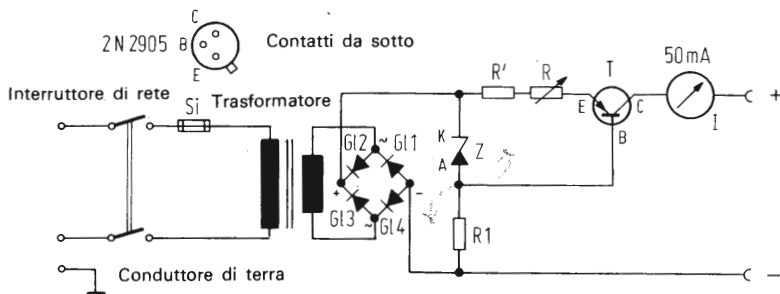



Fig. 6.1. Schema del circuito del caricabatterie per piccoli accumulatori. La corrente raddrizzata nel ponte raddrizzatore viene mantenuta costante con il transistore; la sua lettura viene effettuata con un milliamperometro.

Elenco dei componenti:

T	Transistore pnp 2 N 2905 (varie ditte)
Gl 1, 2, 3 e 4	Quattro raddrizzatori al silicio 1 N 4001 (Texas Instruments)
Z	Diodo Zener 1 S 2030 A (Texas Instruments)
NT	Trasformatore di rete, primario 220 V~, secondario 12 V~, 0,1 A
I	Microamperometro, 50 mA, ad es. Wisometer 52 o altri
R	Potenziometro 1,5 kΩ, 4 W, con manopola regolabile
R'	Resistore 50 Ω, 0,25 W
R 1	Resistore 2 kΩ, 0,25 W
Si	Valvola a fusibile 0,1 A con supporto
	Interruttore di rete bipolare
	Scatola
	Cavo di rete con presa con contatto di sicurezza
	2 boccole d'attacco, rossa e nera
	Corpo refrigeratore per involucro TO-5, applicabile
	Piastrina forata a 2,54 mm
	Piccoli accessori

pulsante, che però in questo caso non ha bisogno di essere filtrata, perché il caricamento dell'accumulatore può avvenire anche con forte ondulazione. Fra il circuito raddrizzatore e l'accumulatore da caricare è inserito uno stadio di regolazione della corrente con il transistore npn 2 N 2905. Esso ha il compito di mantenere costante la corrente di carica su un determinato valore, indipendentemente dal tipo di batteria e dallo stato di carica.
A questo scopo il transistore T con l'aiuto del diodo Zener Z

riceve anzitutto alla sua base B una tensione iniziale negativa di circa 3 V in confronto al collegamento positivo del ponte raddrizzatore. La corrente necessaria per il diodo Zener è assicurata da R 1 con i suoi 2 kΩ. Se ora il transistore T fosse collegato con il suo emettitore E direttamente al polo positivo del circuito raddrizzatore, la tensione iniziale di —3 V produrrebbe un completo « pilotaggio » del transistore. Il tratto fra il suo collettore C e il suo emettitore E sarebbe allora a così bassa resistenza ohmica, che la corrente che lo attraversa dipenderebbe quasi esclusivamente dal carico, cioè dalla resistenza che la batteria collegata rappresenta.
Ora però sul circuito di emettitore del transistore T, cioè fra il polo positivo del circuito raddrizzatore e l'emettitore E, si trova anche la serie della resistenza fissa R' e del potenziometro R (50 Ω e 1,5 kΩ rispettivamente). Su essa cade, secondo la legge di Ohm, una tensione che è proporzionale alla corrente dal polo positivo al polo negativo; anche l'emettitore diventa dunque più negativo nei confronti del polo positivo del raddrizzatore e come tensione pilota fra la base B del transistore e il suo emettitore E opera ancora solo la differenza fra tensione di base e tensione dell'emettitore. La caduta di tensione alle resistenze dell'emettitore R' e R elimina dunque in parte la tensione di base iniziale, relativamente alta. Se si regola R su un valore più basso, su R e R' cade solo una piccola tensione; la tensione pilota per T è allora relativamente grande e attraverso il transistore, e dunque attraverso la batteria, passa una forte corrente. Se si sceglie per R un valore grande, la tensione pilota operante è piccola e può passare solo una piccola corrente. Con il potenziometro R si può dunque regolare di volta in volta la corrente di carica desiderata; per controllarla si usa uno strumento indicatore collegato fra il collettore C e il terminale positivo di uscita. Le resistenze R' e R, come pure il transistore T hanno però un altro compito, oltre alla regolazione dell'intensità di corrente. Ciò si sarebbe potuto ottenere più facilmente e più a buon prezzo con un semplice potenziometro e senza transistori. Per comprendere si supponga che la corrente stabilita prima abbia per qualche ragione (ad es. perché la tensione di rete è salita o perché

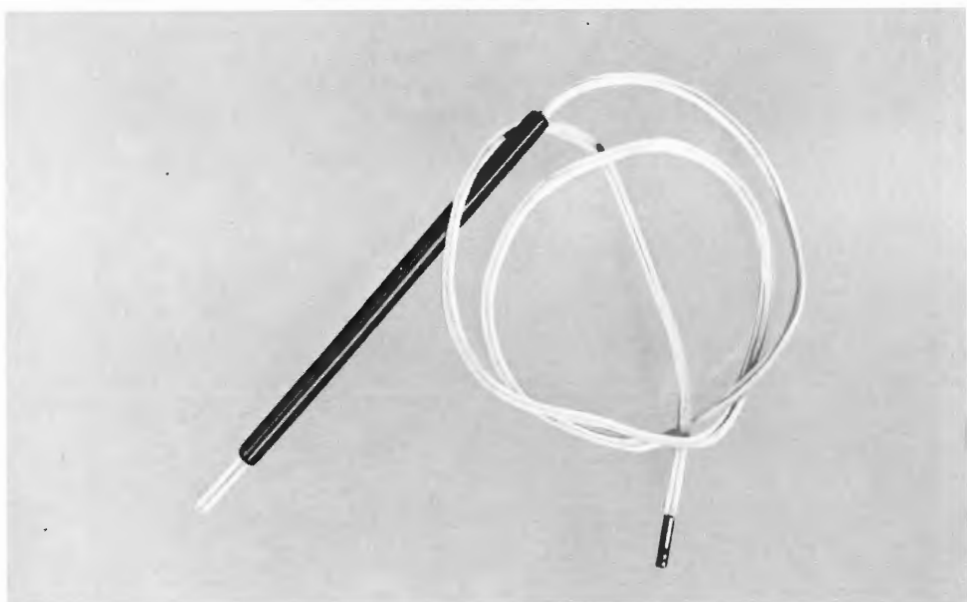
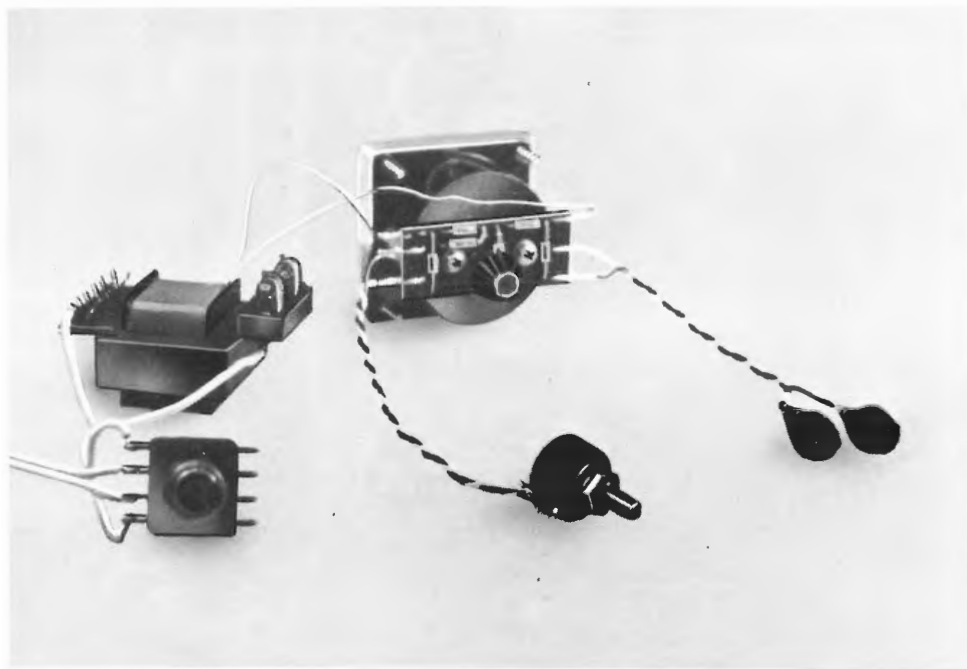
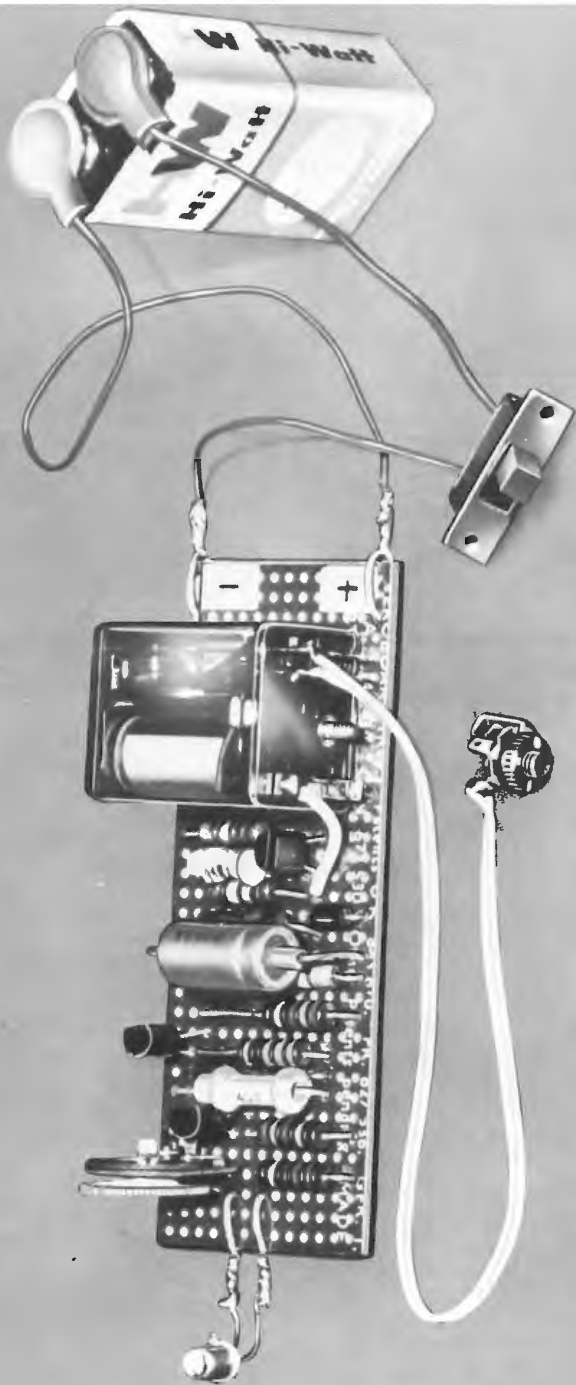



Foto 4: Rilevatore di temperatura del termostato elettronico

Tavola 3

Foto 5: Caricatore per piccoli accumulatori, senza involucro

il carico collegato ha ridotto la sua resistenza) la tendenza a crescere. Nello stesso momento cade su R′ e R una tensione più grande e la tensione pilota operante fra la base B e l'emettitore E diminuisce della stessa quantità. Con ciò anche la corrente che passa attraverso il transistore viene di nuovo regolata e praticamente riportata al suo valore di prima. La regolazione opera nella direzione contraria se la corrente tende, a causa di cause esterne, a decrescere.
La stabilizzazione di corrente presentata in fig. 6.1 mantiene ampiamente costante in questo modo la corrente stabilita — indipendentemente da tutti gli influssi esterni. Col collegamento di una batteria da caricare, perciò, la corrente non dipende dalla tensione nominale della batteria (nella misura in cui non supera i 9 V; di più il circuito non produce) e anche lo stato di carica non influenza praticamente la corrente.

6.2 Costruzione

La costruzione del piccolo caricatore è molto facile e può essere realizzata in qualunque scatola di plastica o di metallo sufficientemente grande. Usando una scatola metallica, essa deve essere collegata elettricamente, come già nei capitoli precedenti, con il conduttore di sicurezza dell'alimentazione di rete; lo stesso vale per la calotta o il pannello frontale di metallo. Si è rinunciato ad una particolare lampadina indicatrice per il controllo dell'accensione, perché si può vedere dallo strumento di misura se la corrente di carica scorre o no.
La parte elettronica di regolazione del circuito è stata montata anche questa volta su di una piastrina forata che, per la costruzione presentata, può essere scelta così piccola da poter essere fissata alle viti di collegamento del misuratore. Il retro del misura-

Tavola 4, Foto 6: Apparato optoelettronico per servoflash, senza involucro

tore serve dunque al tempo stesso come supporto e come parte elettronica. La disposizione delle piste conduttrici sulla basetta e i punti nei quali sono da effettuare le interruzioni si possono dedurre dalla fig. 6.2. La fig. 6.3 illustra la disposizione dei vari componenti su tale basetta. Si deve soprattutto fare attenzione alla giusta polarizzazione dei diodi, poiché essi sembrano « uguali davanti e dietro » ed è facile collegarli in modo sbagliato. Il loro lato catodico si può però riconoscere dal cerchietto stampato sull'involucro. Il diodo Zener 1 S 2030 ha come segno di riconoscimento una V; in esso il collegamento catodico è vicino alla punta della V.
Il transistore T viene saldato con gli attacchi lunghi circa 15 mm. Esso sostiene un piccolo corpo refrigeratore supplementare, che viene semplicemente applicato sul suo involucro. In questo modo, anche in casi estremi – ad es. in caso di cortocircuito all'uscita –

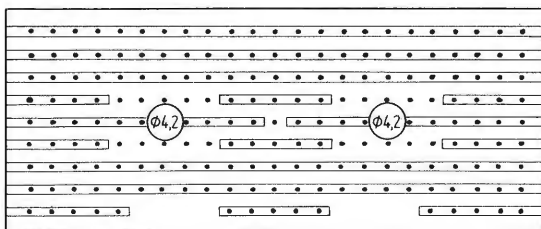



Fig. 6.2. Disposizione delle piste conduttrici sulla piastrina per il circuito di regolazione del caricabatterie.

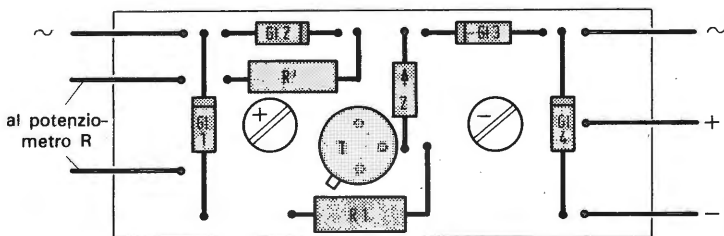



Fig. 6.3. Disposizione dei componenti sulla piastrina conduttrice per il circuito di regolazione del caricatore.

esso può cedere il suo calore all'ambiente e non si surriscalda. La foto 5 della tav. 3 mostra i pezzi del caricatore saldati. La loro disposizione nella scatola è facile ed è lasciata al gusto personale. Il dispositivo di sicurezza con il fusibile per bassa corrente è stato montato nel prototipo direttamente sul trasformatore di rete. Come potenziometro R viene usato un tipo appaiato, con una capacità di carico di 4 W. Come boccole di uscita per il collegamento della batteria da caricare sono state scelte boccole d'attacco (rosso il positivo, nero il negativo), che hanno il vantaggio di poter essere collegate anche a semplici fili elettrici.
I fori indicati in fig. 6.2 e 6.3 vanno bene solo se il misuratore usato presenta gli stessi attacchi dello strumento installato nel prototipo, Wisometer 52. In caso contrario, i fori dovranno essere un po' modificati. Finita la costruzione, l'apparecchio deve essere provato da un esperto, per quanto riguarda la sicurezza della sua alimentazione di rete.

6.3 Istruzioni per l'uso

Nell'uso del caricatore per piccoli accumulatori bisogna fare attenzione che le batterie da caricare vengano collegate sempre con la giusta polarizzazione, cioè con il loro polo positivo al polo positivo del caricatore e il polo negativo al suo polo negativo; il caricamento in direzione sbagliata può danneggiare la batteria. L'intensità della corrente di carica dipende, come si è già accennato, dalla capacità della batteria. La corrente di carica sarà di circa 1/10 di questo valore e il caricamento stesso durerà, per una batteria completamente scarica, circa 10 ore. Batterie parzialmente scariche dovranno essere collegate per un tempo proporzionalmente più corto. Bisogna evitare il sovraccarico perché può nuocere alle batterie: non si deve dimenticare dunque di staccare il caricatore al momento giusto. Un segnalatore del tipo di quello presentato può in tal caso essere utile. Chi è molto raffinato può collegare il caricatore ad un commutatore automatico, che si può trovare in un negozio specializzato.

7. Dispositivo di accensione optoelettronico per servoflash

In generale il flash viene montato direttamente sull'apparecchio fotografico e azionato per mezzo del contatto sincronizzato. Le fotografie fatte in questo modo hanno però un inconveniente: gli oggetti rappresentati sembrano piatti, non hanno cioè alcun effetto plastico, e, nelle foto in bianco e nero, si ha una sgradevole impressione di « gessatura ». Ciò dipende dal fatto che la luce utilizzata per la fotografia viene quasi esclusivamente dalla direzione della macchina, cosicché non può emergere nessuna ombra caratteristica dell'oggetto. Proprio tali ombre, però, fanno sembrare viva una foto. Anche il tentativo di portare il flash, con l'aiuto di un braccio estenditore, un po' di lato rispetto all'apparecchio, non è completamente soddisfacente.
Viene spontaneo pensare di lavorare con più flash, analogamente a quanto si fa con l'illuminazione a lampade o a riflettori. Si presentano però due difficoltà: per prima cosa i flash devono accendersi praticamente tutti insieme, altrimenti non sarebbero possibili istantanee. Ciò significa che tutti i flash devono essere collegati. Di qui viene la seconda difficoltà, cioè gli incidenti con il lungo cavo di collegamento; il fotografo, facendo attenzione ad esso, non può più muoversi liberamente è c'è continuamente il pericolo che per disattenzione si inciampi nel cavo facendo cadere uno degli apparecchi, danneggiandolo.
Le difficoltà possono essere evitate con l'uso di un apparecchio di accensione optoelettronico, come quello descritto qui di seguito. L'azionamento del flash a due lampi, o « servoflash », avviene, in questo caso, non attraverso un cavo, ma attraverso la luce che esce dal flash collegato con l'apparecchio fotografico; il lavoro non viene così intralciato. Inoltre il ritardo fra i due lampi, essendo di 7 ms (circa 1/140 di secondo) è così piccolo, che sono sen-

z'altro possibili istantanee, se si lavora con tempi di esposizione di 1/60 o 1/125 di secondo.

7.1 Funzionamento

Un meccanismo di scatto elettronico per doppio lampo deve essere predisposto in modo da reagire solo al lampo di scatto, e non all'illuminazione normalmente esistente o ad altre luci parassite. La sua uscita deve inoltre garantire la sicura accensione di tutti i tipi di flash in commercio, elettronici come a condensatori. Il circuito disegnato in fig. 7.1 risponde a queste esigenze.
Una parte della luce proveniente dal lampo di avvio colpisce il fototransistore FT in modo che esso trasmette un impulso di corrente alla base di T 1. Questo transistore accoppiato in un circuito Darlington produce un impulso di corrente collettrice corrispondentemente rafforzato, cosicché al collettore di T 1, attraverso la caduta di tensione alla resistenza di lavoro R 3 (2,7 kΩ), arriva un

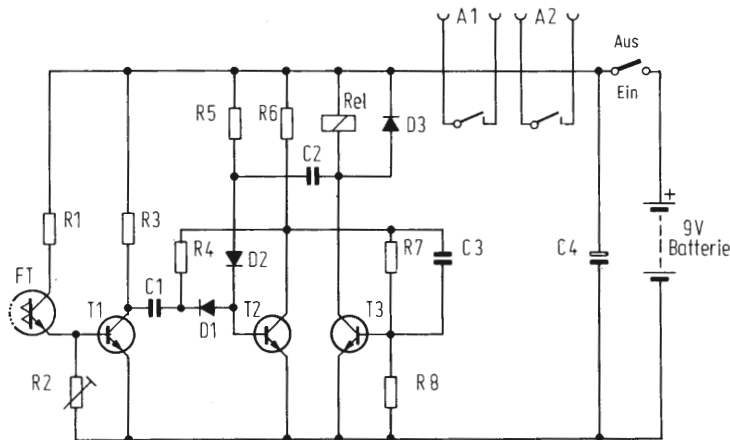



Fig. 7.1. Circuito del dispositivo di accensione optoelettronico per servoflash. La luce del flash di avvio apre, attraverso il fototransistore FT, un miltivibratore monostabile, che comanda un relè. Il servoflash viene acceso mediante un contatto del relè.

Elenco dei componenti:

T 1, T 2, T 3	Transistori npn al silicio BC 108 C, BC 109 C, BC 172 C, BC 173 C, BC 238 C, BC 239 C o altri
FT	Fototransistore al silicio BPX 29, BPC 70, BPC 72 (con semplice finestra) o BPX 37, BPX 71 (con lente inserita) o altri
D 1, D 2, D 3	Diodi al silicio 1 N 914, 1 N 4148 o altri
R 1	Resistore 220 Ω, 0,25 W
R 2	Potenziometro in miniatura 1 MΩ
R 3, R 6	Resistori 2,7 kΩ, 0,25 W
R 4	Resistore 33 kΩ, 0,25 W
R 5	Resistore 100 kΩ, 0,25 W
R 7	Resistore 18 kΩ, 0,25 W
R 8	Resistore 12 kΩ, 0,25 W
C 1	Condensatore ceramico 400 pF
C 2	Condensatore 0,15 μF, 60 V
C 3	Condensatore ceramico 100 pF
C 4	Condensatore elettrolitico a basso voltaggio 100 μF, 15 V
Rel	Relè 280 Ω, ad es. Siemens 65419 con 1,2 o 4 contatti di lavoro
	1 interruttore a due vie
	1 assortimento di clips da batteria
	Boccole di uscita secondo l'apparecchio da collegare
	1 scatola di plastica
	Piccoli accessori

impulso di tensione negativo. La resistenza R 1 da 220 Ω impedisce un sovraccarico del fototransistore, quando esso viene colpito da luce molto forte — ad es. da illuminazione diretta con il lampo di avvio. Con il regolatore R 2 da 1 MΩ è possibile mettere a punto la sensibilità di reazione.
I flash elettronici producono impulsi di luce brevissimi, di meno di 1/1000 di sec. di durata. In un tempo così breve un flash a due lampi azionato con un lampo di luce non può accendersi e bisogna perciò allungare artificialmente l'impulso di comando. A questo scopo serve lo stadio a multivibratore monostabile. Un tale circuito è caratterizzato dal fatto che in fase di riposo un transistore è sempre in conduzione mentre l'altro è sempre interdetto. Un breve impulso di scatto provoca un « ribaltamento » delle condizioni, cioè il transistore che conduceva in fase di riposo viene interdetto, mentre l'altro passa in conduzione. Questa situazione « ribaltata » dura per un certo tempo, determinato dai valori dei componenti, poi le condizioni si capovolgono di nuovo tornando alla fase di riposo, indipendentemente dalla durata dell'impulso di

scatto. Il circuito cioè conosce solo una posizione stabile, è « monostabile ».
Nel circuito di fig. 7.1 il multivibratore monostabile è formato dai transistori T 2 e T 3. In fase di riposo, attraverso la resistenza R 5 da 100 kΩ e il diodo D 2, una corrente sufficientemente grande scorre verso la base di T 2, per pilotare completamente questo transistore. La corrente di collettore che scorre in questo modo viene in pratica esclusivamente limitata dalla resistenza di lavoro R 6 (2,7 kΩ) e al collettore di T 2 si trova ora soltanto la tensione residua collettore-emettitore, minore di 0,2 V. Poiché la base di T3 è collegata con il collettore di T 2 attraverso il partitore di tensione R 7/R 8 (18 kΩ, 12 kΩ), essa ha dunque una tensione di base ancora più piccola, cosicché T 3 è sicuramente interdetto e il relè Rel che si trova nel suo circuito di collettore non scatta.
Se ora un impulso di tensione negativo, azionato da un lampo di luce, arriva dal collettore di T1 (attraverso il condensatore C 1 da 400 pF e il diodo D1) alla base di T 2, questo transistore si chiude. Qui dunque non scorre più corrente di collettore e perciò non può più cadere tensione alla resistenza di lavoro R6 ; al collettore di T2 c'è dunque ora tutta la tensione di funzionamento; attraverso il partitore di tensione di base R 7/R 8 alla base di T 3 arriva una corrente sufficientemente forte e questo transistore entra in conduzione. La corrente di collettore di T 3 che così fluisce fa scattare il relè, il contatto (o i contatti) di lavoro si chiude e si accende il dispositivo di servoflash collegato.
Poiché T 3 in questa situazione è in saturazione, tutta la tensione di funzionamento si trova praticamente al relè e il collettore di T 3 ha un potenziale trascurabile. Nel momento del collegamento di T3 si è prodotto però al suo collettore un brusco salto di tensione orientato in senso negativo, da più 9 a 0 V, che, attraverso il condensatore C 2 (0,15 μF), è arrivata al punto di collegamento di R5 e D 2 nel circuito di base di T 2. Questo punto è perciò ora ad un potenziale fortemente negativo, cosicché T 2 non presenta più corrente di base e rimane chiuso, fino a quando C 2 non si è caricato di nuovo attraverso R 5. Appena ciò accade, T 2 comincia di nuovo a condurre, la sua corrente di collettore provoca una

caduta di tensione su R 6, il potenziale del collettore cade, e attraverso i divisori di tensione R 7/R 8, T 3 viene interdetto. Così si è di nuovo raggiunta la situazione di partenza e il gioco può cominciare da capo.
Il diodo D 1 provvede, nella situazione « ribaltata », a che nessun altro impulso in arrivo possa disturbare la fase di lavoro avviata, poiché — nella fase instabile — esso viene chiuso attraverso la resistenza R 4 (33 kΩ) grazie al potenziale di collettore di T 2, e non fa passare alcun impulso. D 2 garantisce che la tensione di chiusura fra base e emettitore all'arrivo dell'impulso negativo (che nel momento del ribaltamento arriva dal collettore di T 3 attraverso C 2 nel circuito di base) non superi il valore tollerabile. Alla sicurezza del transistore T 3 al momento del ritorno alla fase di riposo provvede D 3: i picchi di tensione indotta nell'improvvisa caduta della corrente del collettore di T 3 nell'avvolgimento del relè vengono messi in cortocircuito da questo diodo e resi innocui. Il condensatore C 3 da 100 pF collegato in parallelo con R 7 serve all'accelerazione del processo di ribaltamento.
Il relè Rel impiega per arrestarsi un tempo di circa 7 ms, ritardo che corrisponde a quello fra il lampo di avvio e il lampo fatto scattare. Su questo inconveniente, poco importante, si è volutamente chiuso un occhio per poter garantire una separazione completa fra dispositivo di accensione e flash collegato. I vari tipi di flash presentano, per quanto riguarda la loro « vita interna », differenze piuttosto considerevoli e si potrebbero incontrare disturbi e reazioni da non generalizzare. Il ritardo nell'arresto del relè produce, assieme al prolungamento dell'impulso prodotto attraverso R 5 e C 2, un tempo di chiusura del contatto di circa 12 ms, cosicché anche flash a reazione più lenta si accendono di sicuro. C 1 è volutamente piccolo, 400 pF, per fare in modo che solo gli impulsi di luce molto bruschi del flash elettronico facciano reagire il dispositivo di azionamento. L'accensione di altri corpi luminosi — come lampade a incandescenza o perfino fluorescenti — non ha, con questo valore di C 1, alcuna influenza. Se l'avvio deve invece avvenire con un flash a condensatore, si deve tener conto del fatto che con le lampadine usate l'intensità della luce aumenta più lenta-

mente. Di ciò si deve tener conto, aumentando C 1 di circa 5 . . . 20 nF.
L'assorbimento di corrente del circuito è limitato. Esso ammonta in fase di riposo a circa 3 mA, sicché per l'alimentazione basta una piccola batteria da transistori da 9V. In fase di lavoro scorre per circa 15 ms una corrente di 40 mA, che potrebbe essere troppo per una piccola batteria. Il condensatore elettrolitico C 4 da 100 μF provvede anche in questo caso a una reazione sicura, caricandosi completamente nella fase di riposo e mettendo a disposizione l'energia necessaria al momento dell'accensione.
Nel prototipo è stato usato un relè con due contatti di lavoro, in modo che possano essere accesi due servoflash attraverso boccole di uscita separate. In linea di principio è però possibile anche l'installazione di un relè con 4 boccole di uscita e si possono poi corrispondentemente usare per usi speciali molti altri flash.

7.2 Costruzione

Per la costruzione del circuito elettronico è stata usata una piastra conduttrice piuttosto grande (cm 8,7 × 3,4). La disposizione dei singoli componenti è visibile in fig. 7.2. La fig. 7.3 mostra la

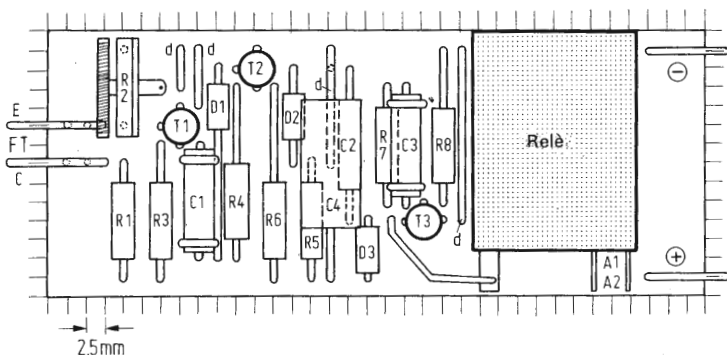



Fig. 7.2. Disposizione dei componenti sulla piastra conduttrice del dispositivo di accensione per servoflash.

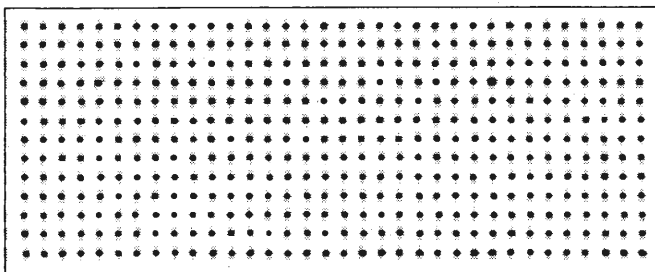



Fig. 7.3. Disposizione delle piste conduttrici sul retro della basetta del dispositivo di accensione.

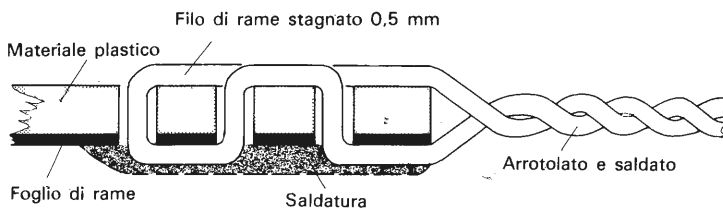



Fig. 7.4. Realizzazione dei contatti di collegamento per una piastrina conduttrice.

piastra conduttrice da sotto e permette di riconoscere in quali punti le piste conduttrici sono da interrompere.
Il relè, nel prototipo, è stato incollato con una goccia di attaccatutto alla basetta, dopo che le due superfici da incollare erano state ben sgrassate. Il fissaggio, naturalmente, si può effettuare anche con l'aiuto di un piccolo angolare o di nastro isolante.
I collegamenti per il fototransistore e per l'alimentazione di corrente si possono preparare semplicemente con filo di rame stagnato, da 0,5 mm come indicato in fig. 7.4. Esso ha una sufficiente solidità meccanica. Le boccole di uscita vengono collegate direttamente con i corrispondenti collegamenti del relè con filo elettrico flessibile. Per la disposizione della parte elettronica — batteria, interruttore a due vie, boccole di uscita — in una scatola di

plastica adatta, la scelta è libera secondo i gusti e le idee di ognuno. Anche il fototransistore non ha bisogno di essere saldato direttamente alla parte elettronica, ma può essere messo nella scatola in un posto adatto, purché la sua finestra per la luce rimanga all'esterno e possa essere facilmente centrata sull'oggetto da fotografare o sul flash di avvio. Il collegamento con la parte elettronica viene poi fatto con filo elettrico flessibile lungo circa 5 cm.

7.3 Scelta del fototransistore

Nella scelta del fototransistore bisogna fare attenzione, perché ci sono tipi con semplice finestra per la luce e altri con lente incorporata. Con la semplice finestra viene « catturata » luce per un arco molto ampio, più di $\pm 50^{\circ}$; una lente inserita limita l'arco di luce a circa $\pm 10^{\circ}$. Per un uso normale conviene un tipo con semplice finestra; si è così estremamente liberi, per quanto riguarda l'orientamento, rispetto alla sorgente di luce. Solo in casi particolari, nei quali si devono fare i conti con luci di disturbo intense provenienti da altre direzioni, si preferirà un tipo con lente, il cui orientamento può essere ancora miglioraro applicando al fototransistore uno stretto tubo per la luce; in ogni caso si dovrà poi orientare molto attentamente il flash di avvio.
La sensibilità di reazione del dispositivo è così grande che possono essere impiegati tutti i fototransistori in commercio. Una regolazione sulle diverse sensibilità dei singoli tipi di fototransistore viene fatta mediante la resistenza variabile R 2, che permette di regolare la corrente di base del transistore T 1.

7.4 Messa in opera e regolazione della sensibilità

Quando il circuito è finito e si è controllato che sia esatto (attenzione alla polarizzazione dei diodi, dei transistori e del condensatore) la resistenza di regolazione R 2 viene posta in modo che la base di T 1 sia in cortocircuito. Poi si collega in serie alla batteria

di alimentazione un milliamperometro con circa 5 mA di portata (polo positivo dello strumento al polo positivo della batteria, polo negativo dello strumento al polo positivo del circuito).
Questo primo collegamento deve però durare molto poco, solo per controllare se l'assorbimento di corrente è veramente intorno ai 3 mA. Se si allontana sensibilmente da questo valore, bisogna controllare il circuito e eliminare l'errore. Se invece la corrente di riposo è esatta, allora si può collegare definitivamente la batteria. Per prima cosa si simula la più intensa illuminazione d'ambiente che può esserci al momento di una ripresa col flash, esponendo il fototransistore alla luce (mai direttamente al sole!) magari accendendo tutte le lampadine dell'ambiente. Con questa luminosità d'ambiente si regola il regolatore R 2 in modo che la corrente di funzionamento salga di circa 0,5 mA rispetto al valore precedente con il regolatore in cortocircuito. Con ciò si è conclusa la messa a punto della sensibilità. Se si usa per l'avvio un flash a condensatore, bisogna effettuare, oltre all'aumento di C 1 già descritto, anche, in generale, un aumento della sensibilità di reazione, che è meglio determinare con delle prove. Bisogna però far presente che in questo caso la resistenza alle luci di disturbo è meno buona.

8. Guida all'acquisto

Distinguiamo tre grandi canali per l'acquisto di attrezzatura, strumenti e componenti. Il primo è quello dei negozi specializzati, il secondo è quello delle organizzazioni che effettuano la vendita per corrispondenza, il terzo è la vendita attraverso le riviste.
Di quest'ultimo si veda nelle « Letture »; in ogni caso chi volesse saperne di più si rivolga direttamente ad esse; ricordiamo comunque che le riviste, a parte la strumentazione, l'attrezzatura ed altri prodotti di base (piastrine, kit per circuiti stampati) forniscono solo i componenti dei circuiti che presentano.
Per quanto riguarda invece la vendita per corrispondenza, la maggiore ditta italiana specializzata nel settore è la *Marcucci - Via Bronzetti 37 - Milano.* Scrivendo una cartolina postale a questo indirizzo è possibile ricevere gratuitamente i cataloghi disponibili e contenenti, tra l'altro, tutte le modalità per ricevere, per corrispondenza, i prodotti desiderati.
Altre ditte effettuano la vendita per corrispondenza. Per maggiori informazioni ci si rivolga a questi indirizzi.

GBC Italiana - Cinisello Balsamo - Milano
ACEI - Viale E. Martini, 9 - Milano
KIT SHOP - Corso Vittorio Emanuele, 15 - Milano
ELETTROMECCANICA RICCI - Via Palestro, 93 - Cislago (VA)
LEM - Via Digione, 3 - Milano
MOELLER - Via Castellini, 23 - Como
ELETTRONICA CORNO - Via Col di Lana, 8 - Milano
ELETTRONICA AMBROSIANA - Via Cuzzi, 4 - Milano

9. Letture

Altri esperimenti con i transistori e con i fotoelementi si possono trovare in:
— *H. Richter - La luce in elettronica* - franco muzzio & c. editore
— *R. Zierl - Come si lavora con i transistori* - franco muzzio & c. *Editore*
della stessa serie di questo volume.
Per la terminologia si può consultare
— *Handel - Dizionario di elettronica - Zanichelli*
che riporta i significati dei vari termini e i rispettivi corrispondenti in inglese; oppure
— *H. Piraux - Dizionario Inglese/Italiano dei termini d'elettronica ed elettronica - Signorelli*
che non riporta però i significati dei termini. Un altro dizionario, molto più ricco e costoso, contenente termini in inglese, francese tedesco e russo è
— *Neidhardt - Technical dictionary of electronics - Pergamon.*
Tutti e tre questi dizionari saranno utili per interpretare schemi di circuiti che si possono trovare su riviste. Il più economico è l'Handel. Il Neidhardt è invece consigliabile consultarlo nelle biblioteche meglio fornite.
Per le riviste, tralasciando quelle specializzate in campi diversi da quello di cui ci occupiamo noi, e occupandoci di quelle che si rivolgono in special modo (anche se non esclusivamente) agli hobbysti, ne tracciamo un piccolo panorama.
Sperimentare è una rivista dedicata agli hobbysti. Presenta numerosi circuiti facili da realizzare, ed è ricca di informazioni e articoli divulgativi. Una sua caratteristica è quella di presentare in ogni numero la descrizione di apparecchi reperibili anche in scatole di montaggio.

Onda quadra è una rivista d'elettronica in generale. Il suo pubblico è molto vasto, andando dai principianti ai professionisti. Presenta numerosi articoli scientifici e divulgativi. Di molti circuiti presentati, la rivista offre i componenti per realizzarli. Offre inoltre alcuni altri prodotti necessari all'hobbysta, come kit per circuiti stampati, piastrine e altro.
Elettronica pratica è una rivista dedicata agli hobbysti. Presenta numerosi circuiti, e di ognuno fornisce i componenti per realizzarlo. Offre inoltre strumenti, attrezzi, kit e penne per circuiti stampati.
Radio elettronica è una rivista d'elettronica generale. Presenta numerosi articoli divulgativi e scientifici, oltre a schemi di circuiti e indicazioni sulla reperibilità dei componenti. Talvolta, in collaborazione con ditte specializzate, mette a disposizione i componenti per la loro realizzazione.

Indirizzi:

Sperimentare
Direttore: Ruben Castelfranchi
Edizioni JCE - Via Pelizza da Volpedo, 1 - Cinisello B. (MI)

Onda Quadra
Direttore: Antonio Marizzoli
Via C. Menotti, 28 - Milano

Elettronica Pratica
Direttore: Zefferino de Sanctis
Via Zuretti, 52 - Milano
Radio Elettronica
Direttore: Mario Magrone
Edizioni ETL - Via Visconti di Modrone, 38 - Milano

10. Indice analitico

biblioteca tascabile elettronica

coordinata da Mauro Boscarol

l'elettronica e la fotografia

Si tratta di un libro dedicato ai fotoamatori. Essi possono trovarvi una serie di apparecchiature e strumenti, con dettagliate indicazioni di costruzione e funzionamento, indispensabili per la ripresa fotografica e il lavoro in camera oscura. Il lettore è portato dalla costruzione di un semplice esposimetro, alla realizzazione di temporizzatori elettronici, fino alla costruzione di un dispositivo servoflash. Per ogni realizzazione sono consigliati i componenti più adatti, gli involucri più pratici, gli usi più convenienti. Completano il volume un comodo codice a colori per il riconoscimento dei valori dei resistori, una «guida all'acquisto» e una bibliografia.

	1	Hanns-Peter Siebert	L'elettronica e la fotografia Strumenti elettronici per la fotografia e la camera oscura
	2	Richard Zierl	Come si lavora con i transistori Prima parte: i collegamenti
*	3	Heinrich Stöckle	Come si costruisce un circuito elettronico Dai componenti elettronici ai circuiti stampati
*	4	Heinz Richter	La luce in elettronica Esperimenti di fotoelettricità
*	5	Richard Zierl	Come si costruisce un ricevitore radio Dal circuito oscillante al ricevitore OC
*	6	Richard Zierl	Come si lavora con i transistori Seconda parte: l'amplificazione

* Volumi in corso di pubblicazione

L. 2.000 (1.887)